

TD N°1 : transistor bipolaire

Exercice 1

1) DROITE DE CHARGE ET POINT DE FONCTIONNEMENT DU TRANSISTOR

On considère le montage de la figure 1 qui utilise un transistor NPN au silicium de type 2N1613 dont on donne les caractéristiques à 25°C . Ce transistor est alimenté par une tension continue V_{CC} égale à 15 V avec dans le collecteur $R_C = 820 \Omega$ et dans l'émetteur une résistance $R_E = 180 \Omega$.

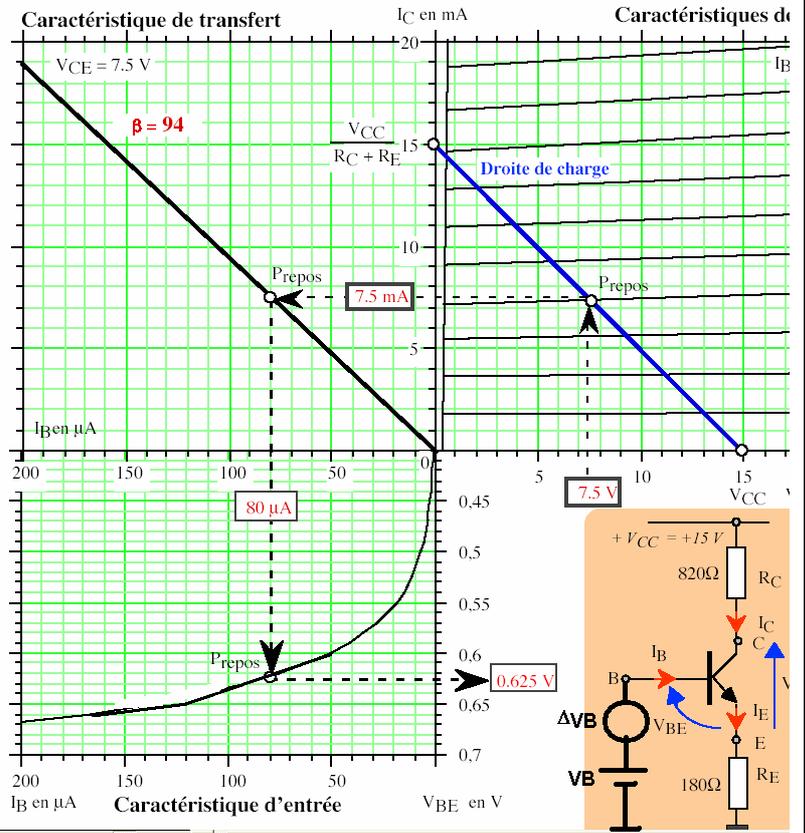
ETUDE STATIQUE $\Delta V_B = 0$

On choisit V_B et R_C et R_E pour avoir un point de repos $V_{CE0} = 7.5V$

- Donner l'expression de la droite charge statique $I_C = f(V_{CE})$

ETUDE DYNAMIQUE $\Delta V_B \neq 0$

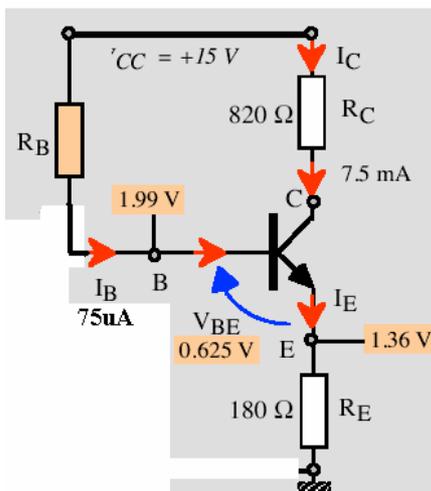
- on fait varier V_B de ΔV_B pour avoir une variation $\Delta V_{BE} \pm 25mV$.
- déterminer graphiquement les variations ΔI_B , ΔI_C et ΔV_{CE}
- D'après la caractéristique de transfert $I_C = \beta I_B$ déterminer analytiquement les variations ΔI_B , ΔI_C et ΔV_{CE} pour avoir une variation $\Delta V_{BE} \pm 25mV$ autour de V_{BE0}
- tracer la droite de charge dynamique $\Delta I_C = f(\Delta V_{CE})$
- déterminer ΔV_{CE} en fonction de ΔV_B et déduire le schéma électrique équivalent pour les petites variations de la tension d'entrée



Exercice 2) POLARISATIONS CLASSIQUES DU TRANSISTOR BIPOLAIRE NPN

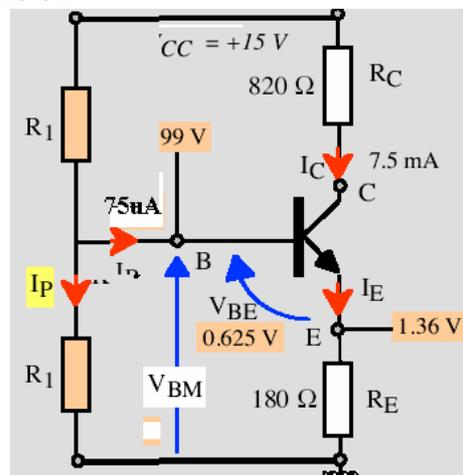
A- polarisation en courant

- calculer R_B
- trouver le générateur Thévenin équivalent vu la base du transistor et déduire le générateur Norton
- montrer que la base du transistor est bien polarisé en courant ?



B- polarisation en tension

- on choisissant $I_p = 20mA$ calculer de polarisation R_1 et R_2
- trouver le générateur Thevenin équivalent vu la base du transistor
- montrer que la base du transistor est bien polarisé en tension



Exercice 3 ! EFFETS DE LA TEMPÉRATURE SUR LES TRANSISTORS

La température modifie simultanément

- La jonction passante base émetteur $\frac{\Delta V_{be}}{\Delta T} = -2.5mV^{\circ}C^{-1}$
- La jonction bloquée base collecteur $\frac{\Delta I_{cbo}}{\Delta T} = 50nA^{\circ}C^{-1}$
- Le gain en courant $\frac{\Delta \beta}{\beta \Delta T} = 0.6\%^{\circ}C^{-1}$

1. On rappelle : $I_c = \beta I_b + (\beta + 1)I_{Cbo}$ Montrer que variation ΔI_c du courant I_c en fonction ΔV_{be} , ΔI_{cbo} et $\Delta \beta$ engendrés par la variation de température peut être sous forme :

$$2. \Delta I_c = S_{V_{be}} \Delta V_{be} + S_{\beta} \Delta \beta + S_{I_{cbo}} \Delta I_{Cbo}$$

3. Déterminer les expressions des coefficients de stabilisation et montrer qu'elles sont :

$$S_{V_{be}} = -\frac{\beta}{R_{th} + (\beta + 1)R_e}$$

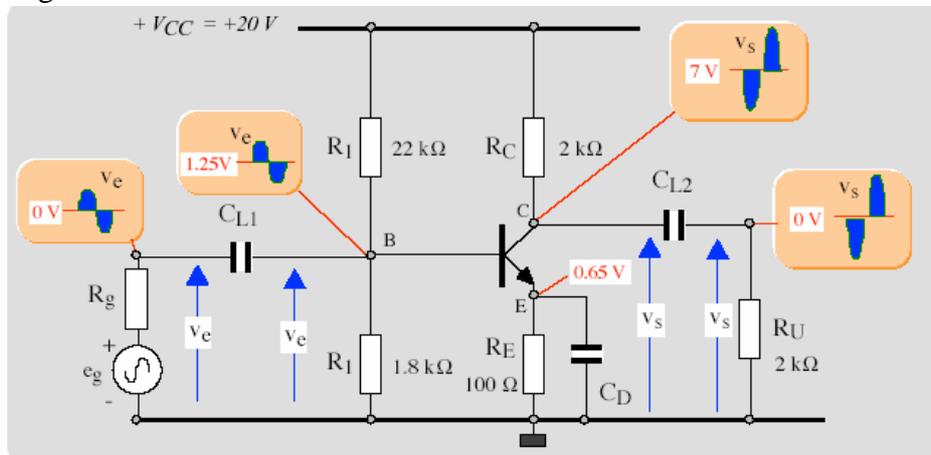
$$4. S_{I_{Cbo}} = \frac{(R_{th} + R_e)}{R_{th} + (\beta + 1)R_e} (\beta + 1) \text{ car } I_{Cbo} \ll \frac{(E_{th} - V_{be})}{R_{th} + R_e}$$

$$S_{\beta} \cong (E_{th} - V_{be}) \frac{(R_{th} + R_e)}{R_{th} + (\beta + 1)R_e}$$

5. la température du transistors évolue de 25°C à 125°C déterminer la variation du courant ΔI_c des deux types de polarisations étudiées précédemment et comparer
6. refaire la question 4 en suppose qe $R_e = 0$ conclusion

Exercice 4 : ETUDE D'UN AMPLIFICATEUR

On considère le montage schématisé ci-dessous.



ETUDE STATIQUE

- Déterminer les coordonnées des points de repos I_{B0} , I_{C0} , V_{BE0} , V_{CE0}
- déterminer les paramètres hybrides du transistor h_{11} et $h_{21} = \beta$

ETUDE DYNAMIQUE

- Expliquer pourquoi le point de fonctionnement est inchangé par rapport à la question 1.
- Identifier les rôles des différents condensateurs et donner un ordre de grandeur des capacités.
- Pourquoi ce montage est-il nommé émetteur commun ?
- Donner le schéma équivalent du transistor en fonctions des paramètres hybrides h_{ij} , On suppose $h_{12} = h_{22} = 0$
- En déduire le schéma équivalent du montage en régime de petits signaux.
- Déterminer le gain en tension,
- Déterminer les impédances d'entrée et de sortie du montage, le gain en courant et en puissance. Ces grandeurs dépendent-elles de la charge ?
- On enlève le condensateur C_e . Déterminer le gain en tension. Comparer et en déduire l'intérêt du découplage en émetteur commun.

TD N° 2 : transistor bipolaire

ANALYSE D'UN AMPLIFICATEUR POUR ANTENNE DE TELEVISION

On se propose d'analyser un montage destiné à amplifier le signal fourni par une antenne de télévision (fréquence de l'ordre de 500 MHz). En effet, cette antenne est située dans une région trop éloignée de l'émetteur pour obtenir une réception de l'image et du son dans de bonnes conditions. Aussi, l'amplificateur proposé permettra de palier à cet inconvénient.

PARTIE 1 : ADAPTATION EN PUISSANCE DU SIGNAL DELIVRE PAR L'ANTENNE

Le signal délivré par l'antenne, véhiculé par un câble blindé, est assimilable à un générateur sinusoïdal indépendant e_g de résistance interne R_G de 75Ω . Sachant que le signal e_g possède une valeur efficace faible (inférieure à $100 \mu V$), il est nécessaire de prévoir son adaptation en puissance.

À cet effet, on donne en figure 1 le schéma du générateur e_g , R_G chargé par une résistance R variable.

1. Déterminer en fonction de e_g ($_{eff}$), R_G et R , l'expression de la puissance efficace P_{eff} qui est reçue dans la résistance R .
2. On désire que la puissance efficace P_{eff} soit maximale. Calculer d'abord la dérivée de la puissance par rapport à R . Puis, en déduire la relation simple qui relie alors les résistances R_G et R .

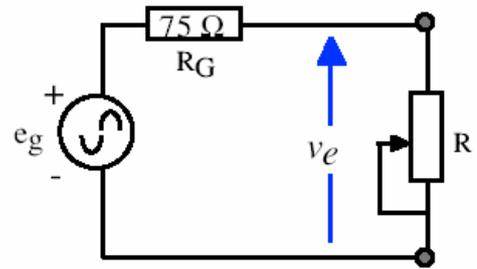


Figure 1

PARTIE 2 : ETUDE DE L'AMPLIFICATEUR

Le schéma complet du montage amplificateur est donné en figure 2. La tension d'alimentation est fixée à $V_{CC} = 5V$ et la température de fonctionnement est de $25^\circ C$. Les deux transistors NPN sont identiques avec un gain en courant $\beta = 200$. On négligera leur résistance dynamique ($h_{22} = 0$)

A - ETUDE DE LA POLARISATION

1. Dessiner le schéma d'étude en régime continu.
2. on fixe V_{be} des transistors à $0.6V$ Montrer que la tension V_{C1E1} du transistor $T1$ est égale à $1.2V$.
3. On supposera que les courants de base de $T1$ et $T2$ sont suffisamment faibles pour être négligés devant les courants de collecteur. En déduire la valeur du courant de repos I_{C1} du transistor $T1$.
4. Calculer la valeur des tensions V_{E1M} , V_{E2M} et V_{C1M} qui seront reportées sur le schéma précédent. En déduire la valeur du courant de repos I_{C2} du transistor $T2$. Calculer la valeur du potentiel V_{C2M} .

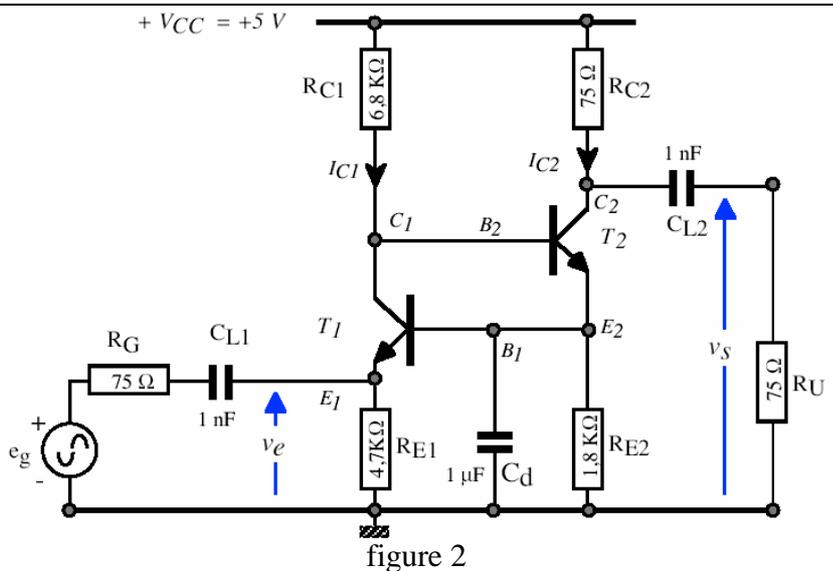


figure 2

B - ETUDE DYNAMIQUE AUX PETITES VARIATIONS

On supposera qu'aux fréquences de fonctionnement du montage, les condensateurs sont équivalents à des courts-circuits. Le gain en courant des transistors est fixé à 200.

1. Déterminer le type de montage amplificateur relatif à chaque transistor. Que peut-on dire du signe du gain du montage complet ?
2. Dessiner le schéma équivalent aux petites variations du montage complet. On considérera $h_{22_1} = h_{22_2} = 0$.
3. Calculer les paramètres hybrides h_{11} petits signaux de chaque transistor.
4. Déterminer l'expression du gain en tension de l'amplificateur : $A_v = v_s/v_e$.
5. En déduire la valeur du gain en tension à vide A_{V0} .
6. Déterminer l'expression de la résistance d'entrée R_e du montage vue par le générateur d'excitation e_g , R_G . Faire l'A.N.
7. L'entrée de l'amplificateur est telle conforme au cahier des charges à savoir adaptation
8. en puissance du générateur d'excitation ? Commenter.
9. En utilisant la méthode habituelle de «l'ohmmètre» dessiner le schéma qui permet de déterminer la résistance de sortie R_S du montage vue par la résistance d'utilisation R_U .
10. Déterminer l'expression de la résistance de sortie R_S vue par la résistance d'utilisation R_U
11. La sortie de l'amplificateur est telle aussi adaptée en puissance ? Faire un schéma et commenter. Déterminer le gain en puissance du montage exprimé en dB.
12. On se place maintenant à une fréquence où l'impédance des condensateurs de liaisons n'est pas négligeable. Cependant à cette fréquence, le condensateur de découplage est encore un court-circuit. Déterminer, dans ces conditions, l'atténuation en dB du gain du montage complet provoqué par les capacités de liaisons. Faire le schéma permettant de faire cette analyse.

TD N° 3 : transistor bipolaire

CONCEPTION D'UN AMPLIFICATEUR SIMPLE A GAIN VARIABLE

On considère le montage amplificateur donné en figure 1. Ce montage utilise un transistor NPN T_1 au silicium à $T = 25^\circ\text{C}$, alimenté sous une tension continue V_{CC} de 15 V. Le transistor possède un gain en courant β de 250 et sa résistance r_{ce} est considérée comme infinie.

Dans l'émetteur de T_1 , on a disposé un potentiomètre tel que seule la portion (αR_{E1} telle que : $0 \leq \alpha \leq 1$) de sa résistance totale R_{E1} soit découplée à la masse par le condensateur C_d de valeur suffisante.

- Dessiner le schéma du montage en régime continu. Sachant que le courant de repos de collecteur est tel que : $I_{C1\text{ repos}} = 5 \text{ mA}$, déterminer :
 - La tension par rapport à la masse de tous les nœuds.
 - La valeur à donner à la résistance de polarisation R_1 .
- Dessiner le schéma équivalent aux petites variations et aux fréquences moyennes du montage complet sachant que toutes les capacités ont alors une impédance faible. Choisir une représentation en « β, i_b » pour le transistor.
- Déterminer l'expression de la résistance d'entrée R_{e1} du montage vue par le générateur d'excitation (e_g, R_g). Tracer le graphe $R_{e1} = g(\alpha)$. Commenter.
- Déterminer l'expression du gain en tension $A_1 = v_{s1}/v_e$ et tracer le graphe $|A_1| = f(\alpha)$.
- On veut que le gain évolue de la valeur minimale à -40 . Donner la solution technique.
- Montrer, en utilisant la « méthode de l'ohmmètre », que la résistance de sortie R_{s1} du montage vue entre le collecteur C_1 de T_1 et la masse est égale à R_{C1} .

Le concepteur considère que cette résistance de sortie est trop élevée. Il décide d'ajouter un étage en utilisant un transistor T_2 identique à T_1 comme indiqué en figure 2. La base de T_2 est reliée au collecteur de T_1 . Aussi le courant de base de T_2 est prélevé sur le courant qui circule dans la résistance R_{C1} .

- Sachant que $R_{E2} = 1 \text{ k}\Omega$, en déduire la valeur du courant de repos I_{C2} de T_2 .
- Monter que le gain en tension du premier étage est peu affecté par la présence du deuxième.
- Que devient le gain en tension A du montage complet ?
- On choisit une position du potentiomètre telle que : $A_1 = -40$. Sachant que la sortie v_{s1} du premier étage est représentée sous la forme de Thévenin (e_{s1}, R_{s1}), on se propose de calculer la résistance de sortie R_s du montage complet vue entre E_2 et la masse.
 - Donner la valeur de e_{s1} et R_{s1} .
 - Calculer R_s et faire l'application numérique.

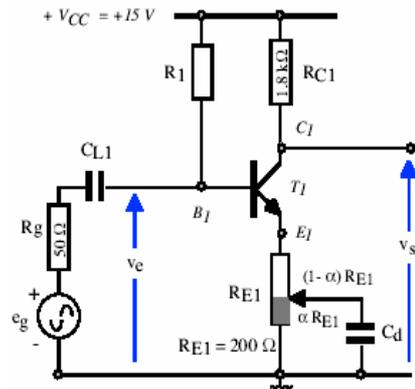


Figure 1

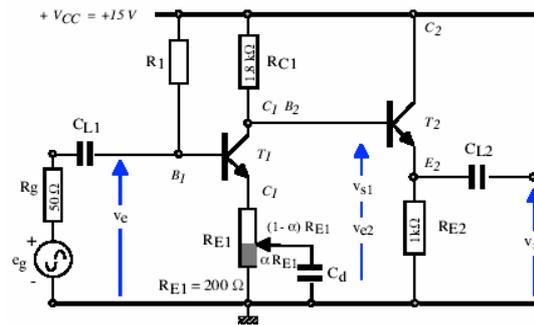


figure 2

TRANSISTOR NPN : AMPLIFICATEUR COLLECTEUR COMMUN

Le schéma d'un étage amplificateur à transistor monté en collecteur commun, alimenté sous une tension d'alimentation V_{CC} de 15 V, est donné en figure 1. Il utilise, à $T = 25^\circ\text{C}$, un transistor NPN au silicium tel que : $\beta = 300$, $V_{BE} = 0,6 \text{ V}$, Tension de Early : $V_A = -200 \text{ V}$

- On choisit le point de repos du transistor tel que : $I_{C\text{ repos}} = 3 \text{ mA}$ et $V_{CE\text{ repos}} = 6 \text{ V}$.
 - Calculer la valeur de la résistance d'émetteur R_E et de polarisation R_B
 - Sous quelle tension continue sont chargées les capacités C_1 et C_2 ?
- Dessiner le schéma équivalent du montage complet pour les petites variations imposées par le générateur d'attaque sinusoïdal (e_g, R_g). Les capacités de liaisons C_1 et C_2 ont une impédance négligeable à la fréquence de travail. Choisir le schéma en "B i_b " pour simuler le transistor.
- Calculer la valeur des paramètres du transistor autour de son point de repos : r_{be} , g_m et r_{ce} .
- Déterminer la résistance d'entrée R_e du montage vue par le générateur d'attaque (e_g, R_g).
On rappelle que $R_e = v_e / i_e$ où i_e représente le courant variable imposé par e_g .
- Chercher l'expression et calculer le gain en tension en charge : $A_v = v_s / v_e$.
- Calculer le gain en puissance A_p de l'étage en décibels et son gain en courant A_i .
- Chercher l'expression et calculer la résistance de sortie R_s du montage vue par la résistance R_u .
On rappelle la méthode générale permettant de construire le schéma permettant le calcul de R_s :
 - Court-circuiter e_g (et non v_e).
 - Enlever R_u et mettre à sa place un générateur sinusoïdal u qui débite un courant i .
 - Dans ces conditions R_s est l'expression du rapport u / i .

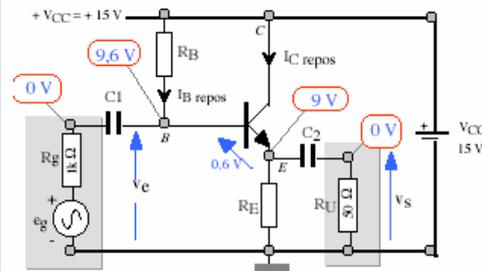


Figure 1

