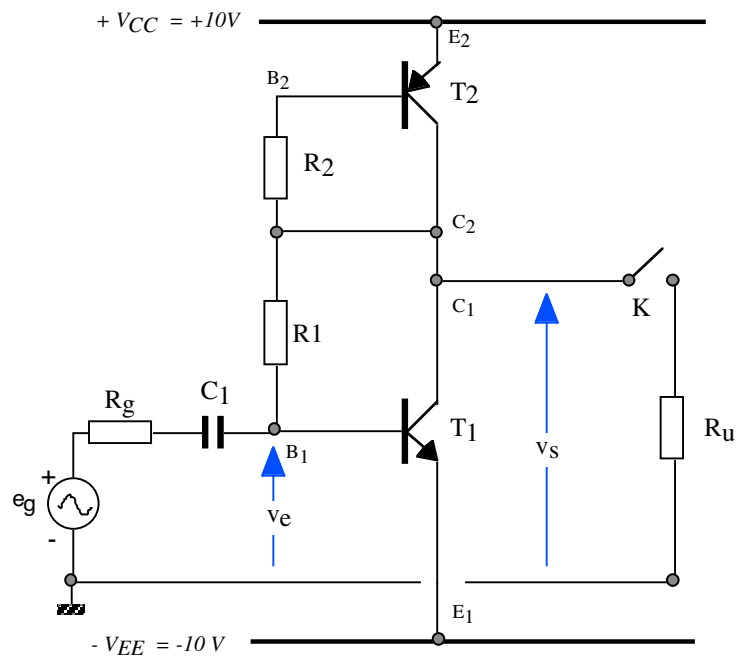


## 1<sup>er</sup> ETAGE AMPLIFICATEUR A TRANSISTOR EN EMETTEUR COMMUN AVEC "CHARGE ACTIVE"

On veut réaliser un amplificateur suivant le schéma ci-dessous en utilisant deux transistors bipolaires rigoureusement complémentaires. Il est alimenté par deux alimentations  $V_{CC}$  et  $V_{EE}$  de 10V, l'une positive par rapport à la masse et l'autre négative. La température de fonctionnement est fixée à 25°C.



Les caractéristiques des transistors  $T_1$  (NPN) et  $T_2$  (le PNP complémentaire) sont telles que :

Gain en courant $\beta$	$ V_{BE} $	Tension de Early $ V_A $
100	0,7 V	100 V

### 1<sup>ère</sup> PARTIE : ETUDE DE LA POLARISATION

1. Dessiner le schéma qui permet de décrire le fonctionnement du montage en courant continu.
2. On veut alimenter chaque transistor sous une tension  $|V_{CE}| = 10$  V. Indiquer sur le schéma précédent, les valeurs des tensions de tous les noeuds par rapport à la masse.
3. Déterminer les valeurs à donner aux résistances  $R_1$  et  $R_2$  pour obtenir dans chaque transistor, un courant de collecteur de 5 mA. Indiquer la valeur normalisée que vous choisiriez.
4. Déterminer les paramètres  $g_m$ ,  $r_{be}$  et  $r_{ce}$  des transistors autour de leur point de repos.

## 2<sup>ème</sup> PARTIE : ETUDE DE L'AMPLIFICATEUR A VIDE (K ouvert)

On suppose que le condensateur de liaison  $C_1$  a une valeur suffisante pour que son impédance soit négligeable à la fréquence d'utilisation du montage.

1. Compte tenu de ces hypothèses, dessiner le schéma aux petites variations équivalent à la charge active constituée par  $T_2$ , qui sert de charge à  $T_1$ .
2. Déterminer alors la valeur de la résistance  $R_C$  équivalente à la charge active.
3. Faire l'application numérique, et en déduire les approximations qui s'imposent (à exploiter par la suite).
4. On veut déterminer l'expression du gain en tension  $AV_0 = v_s/v_e$ . Compte tenu de l'équivalence montrée dans les trois précédentes questions, dessiner le schéma qui permet ce calcul.
5. Calculer  $AV_0$  et faire l'application numérique.
6. Dessiner le schéma permettant de calculer la résistance d'entrée  $R_e$ , vue entre la base  $B_1$  et masse.
7. Calculer cette résistance en faisant intervenir  $AV_0$ . Faire l'application numérique.
8. Quelle doit être la valeur de  $R_g$  pour que le maximum de puissance soit transféré du générateur d'attaque vers l'entrée de l'amplificateur.
9. Dessiner le schéma du montage permettant de calculer la résistance de sortie  $R_s$  vue entre  $C_1$  et la masse. Calculer son expression et faire l'application numérique.

## 3<sup>ème</sup> PARTIE : ETUDE DE L'AMPLIFICATEUR CHARGE (K fermé)

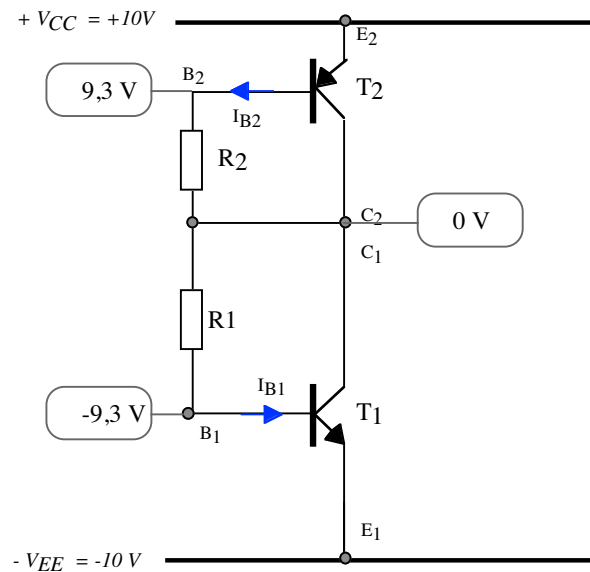
On ferme l'interrupteur  $K$  et on donne  $R_u = 1 \text{ k}\Omega$

1. Redessiner le schéma en tenant compte de  $R_u$  et calculer numériquement la nouvelle valeur  $A_v$  du gain en tension.
2. De même, calculer la nouvelle valeur numérique de la résistance d'entrée.
3. Calculer numériquement le gain en puissance. L'exprimer en décibels.
4. On modifie la valeur de  $R_g$  pour l'adapter au sens de la 8<sup>o</sup> question de la 2<sup>o</sup> partie, à la nouvelle valeur de  $R_e$  calculée précédemment.
5. Calculer la valeur à donner au condensateur  $C_1$  pour qu'à la fréquence de 50 Hz, l'atténuation soit de 1 dB par rapport aux fréquences moyennes.

## CORRECTION

### 1<sup>ère</sup> PARTIE : ETUDE DE LA POLARISATION

1. Schéma qui permet de décrire le fonctionnement du montage en courant continu.

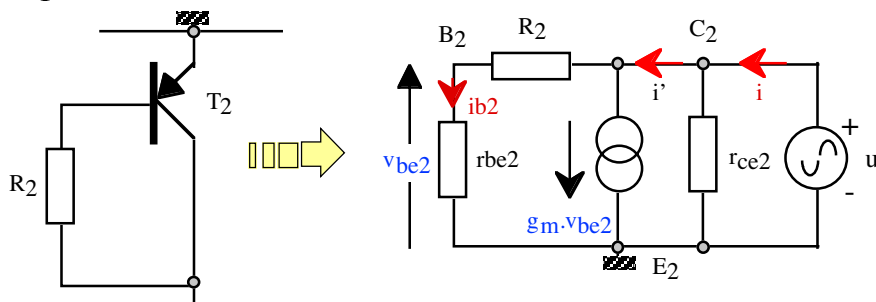


2. Les potentiels par rapport à la masse sont indiqués sur le schéma ci-dessus.
3. Courant de base de  $T_1$  et  $T_2$  :  $I_B = \frac{I_C}{\beta} = 50\mu A$ .  $R_1 = R_2 = 186\text{ k}\Omega$  soit  $180\text{ k}\Omega$  normalisé.
4. Paramètres  $g_m$ ,  $r_{be}$  et  $r_{ce}$  des transistors autour de leur point de repos.

$$g_m = \frac{I_C}{U_T} = 0,2\text{ S} \quad r_{be} = \beta \frac{U_T}{I_C} = 500\Omega \quad r_{ce} \approx \frac{|V_A|}{I_C} = 20\text{ k}\Omega$$

### 2<sup>ième</sup> PARTIE : ETUDE DE L'AMPLIFICATEUR A VIDE (K ouvert)

1. Schéma aux petites variations équivalent à la charge active constituée par  $T_2$ , qui sert de charge à  $T_1$ .



2. Pour déterminer la résistance équivalente  $R_C$  du dipôle, on place un générateur  $u$  entre  $C_2$  et la masse sur le schéma aux petites variations. Ce générateur débite un courant  $i$  de telle sorte que :  $R_c = \frac{u}{i}$ .

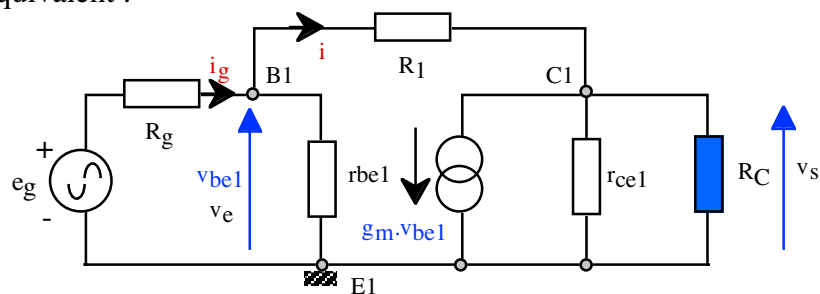
$$R_c = r_{ce2} // \frac{u}{i^{\odot}} \quad \text{avec : } i^{\odot} = \beta i_{b2} + \frac{u}{R_2 + r_{be2}} \quad \text{et } i_{b2} = \frac{u}{R_2 + r_{be2}}$$

Il vient alors :

$$R_c = r_{ce2} // (R_2 + r_{be2}) // \frac{R_2 + r_{be2}}{\beta}$$

3. Application numérique :  $R_C = 1,8 \text{ k}\Omega$ .

4. Schéma équivalent :



5. Calcul du gain en écrivant l'équation au nœud de collecteur  $C_1$ .

$$\frac{v_e - v_s}{R_1} - g_m v_{be1} - \frac{v_s}{r_{ce1}} - \frac{v_s}{R_C} = 0 \quad \text{avec : } v_e = v_{be1}$$

$$v_e \left( \frac{1}{R_1} - g_m \right) = v_s \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{r_{ce1}} + \frac{1}{R_C} \right)$$

$$A_{v0} = \frac{v_s}{v_e} = \left( \frac{1}{R_1} - g_m \right) (R_1 // r_{ce1} // R_C) = -360$$

6. Le schéma est donné ci-dessus.

7. La résistance d'entrée est telle que :  $R_e = \frac{v_e}{i_g}$

$$R_e = r_{be1} // \frac{v_e}{i} \quad \text{avec : } i = \frac{v_e - v_s}{R_1} = \frac{v_e - A_{v0} v_e}{R_1} = \frac{v_e}{R_1} (1 - A_{v0})$$

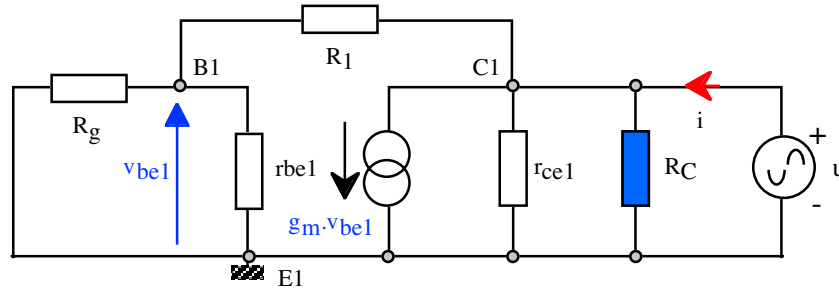
$$R_e = r_{be1} // \frac{R_1}{1 - A_{v0}} \approx r_{be1} // \frac{R_1}{|A_{v0}|} = 250 \Omega$$

8. Calculons la puissance  $P_e$  reçue à l'entrée de l'amplificateur.

$$P_e = \frac{(V_{eff})^2}{R_e} = \frac{1}{R_e} \left( \frac{R_e}{R_g + R_e} E_g eff \right)^2 = \frac{R_e}{(R_g + R_e)^2} E_g eff^2$$

Cette puissance est maximale lorsque :  $\frac{dP_e}{dR_g} = 0$ . La solution est alors :  $R_g = R_e = 250\Omega$ .

9. On exploite la méthode de « l'ohmmètre » à savoir : court-circuiter  $e_g$  et mettre en sortie un générateur ( $u, i$ ). Le schéma est alors le suivant :



On écrit l'équation au nœud  $C_1$  :

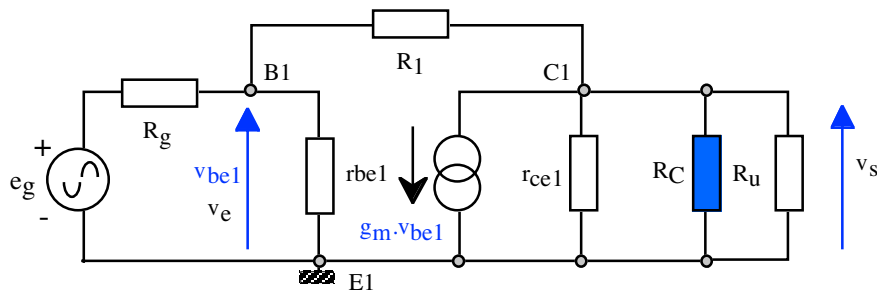
$$i = \frac{u}{R_C} + \frac{u}{r_{ce1}} + g_m \cdot v_{be1} + \frac{u}{R_1 + r_{be1} // R_g} \quad \text{avec : } v_{be1} = u \frac{r_{be1} // R_g}{R_1 + r_{be1} // R_g}$$

Il vient alors :

$$R_s = R_C // r_{ce1} // (R_1 + r_{be1} // R_g) // \frac{R_1 + r_{be1} // R_g}{g_m (r_{be1} // R_g)} = 1,12 k\Omega$$

### 3<sup>ème</sup> PARTIE : ETUDE DE L'AMPLIFICATEUR CHARGE (K fermé)

1. Nouveau schéma équivalent :



Nouvelle valeur du gain en tension qui tient compte de  $R_u$  :

$$A_v = \frac{v_s}{v_e} = \left( \frac{1}{R_1} - g_m \right) (R_1 // r_{ce1} // R_C // R_u) = -128$$

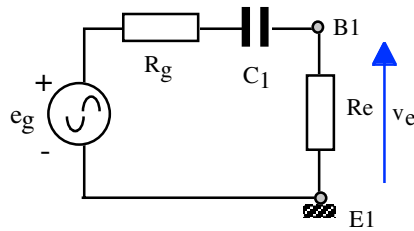
2. Nouvelle résistance d'entrée :

$$R_e = r_{be1} // \frac{R_1}{1 - A_v} \approx r_{be1} // \frac{R_1}{|A_v|} = 370\Omega$$

3. Gain en puissance :

$$G_p = \frac{P_s}{P_e} = \frac{\frac{V_{seff}^2}{R_u}}{\frac{V_{eff}^2}{R_e}} = A_v^2 \frac{R_e}{R_u} = 6062 \text{ soit } 38 \text{ dB}$$

4. La cellule d'entrée aux très basses fréquences est conforme au schéma suivant :



Aux fréquences moyennes telles que  $C_1$  est négligeable, on peut écrire :  $(\frac{v_e}{e_g})_{f.m.} = \frac{R_e}{R_g + R_e}$

Par contre aux fréquences basses :  $(\frac{v_e}{e_g})_{f.b.} = \frac{R_e}{R_g + R_e + \frac{1}{j\omega C_1}}$

On a donc :  $(\frac{v_e}{e_g})_{f.b.} = (\frac{v_e}{e_g})_{f.m.} \frac{1}{1 + \frac{1}{j\omega C_1(R_g + R_e)}}$

Soit en module :  $\left| \frac{v_e}{e_g} \right|_{f.b.} = \left| \frac{v_e}{e_g} \right|_{f.m.} \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{1}{(\omega C_1(R_g + R_e))^2}}}$

En décibels :

$$20 \log \left| \frac{v_e}{e_g} \right|_{f.b.} = 20 \log \left| \frac{v_e}{e_g} \right|_{f.m.} - 20 \log \sqrt{1 + \frac{1}{(\omega C_1(R_g + R_e))^2}}$$

L'atténuation par rapport aux fréquences moyennes à 50 Hz est donc :

$$-20 \log \sqrt{1 + \frac{1}{(\omega C_1(R_g + R_e))^2}} = -1 \text{ dB}$$

Compte tenu des valeurs respectives de  $R_g$  et  $R_e$ , on obtient :  $C_1 = 8,6 \mu\text{F}$  (presque 10  $\mu\text{F}$ ).