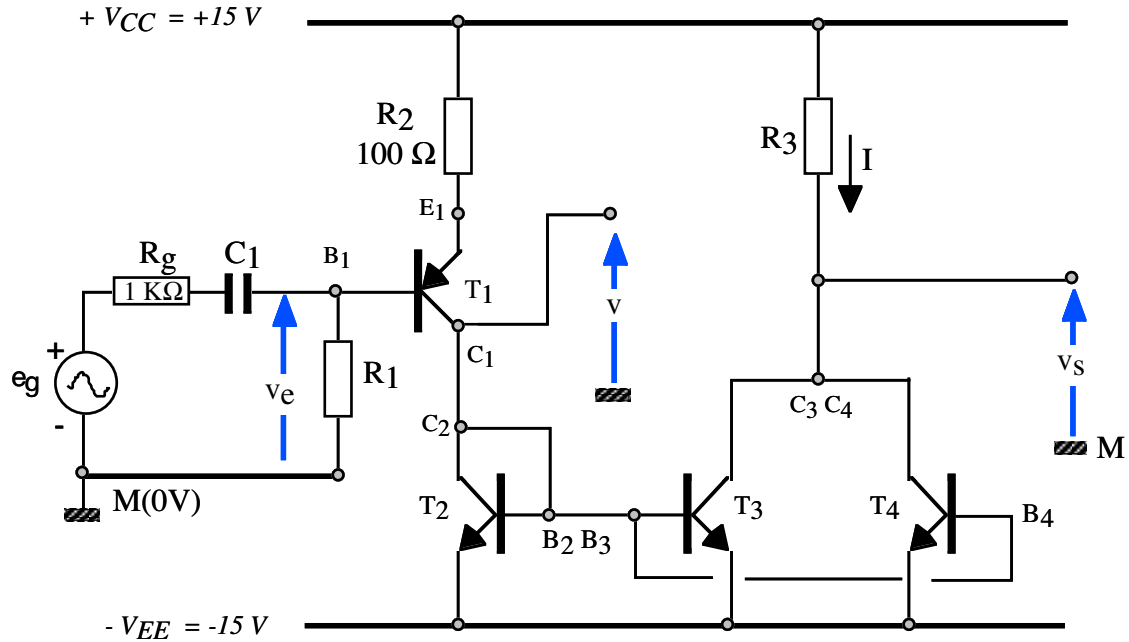


ETUDE D'UN AMPLIFICATEUR INTEGRE A MULTIPLIEUR DE COURANT →

On considère un montage amplificateur dont le schéma est donné ci-dessous et qui utilise des transistors au silicium à $T = 25\text{ °C}$.



Le montage est alimenté par deux tensions : $V_{CC} = V_{EE} = 15\text{ V}$ respectivement positive et négative par rapport à la masse. Les paramètres des transistors sont les suivants :

	Tension V_{BE}	Gain en courant	Tension de Early
T_1 PNP	$V_{BE1} = -0,6\text{ V}$	$\beta_1 = 100$	très élevée
T_2 T_3 T_4 NPN	$V_{BE} = 0,6\text{ V}$	$\beta = 300$	- 200 V

Les transistors NPN T_2 , T_3 et T_4 , rigoureusement identiques ont le même courant I_{SBC} et obéissent à la loi :

$$I_C = I_{SBC} \exp\left(\frac{V_{BE}}{U_T}\right)$$

1 ère PARTIE : ETUDE EN REGIME CONTINU

A) ETUDE DU MONTAGE MULTIPLIEUR DE COURANT (figure 1 de l'annexe)

Le montage multiplieur de courant est donné en figure 1 de l'annexe. Il est attaqué par un générateur de courant continu parfait I_{ref} .

- 1.1) Montrer que les courants de collecteur des transistors T_2 , T_3 et T_4 sont égaux.
- 1.2) En déduire en fonction de β (gain en courant de T_2 , T_3 et T_4) la relation existant entre les courants I et I_{ref} . Donner une expression approchée.
- 1.3) On désire que la tension continue de repos à la sortie du montage c'est à dire V_s soit nulle par rapport à la masse, pour I égal à 1 mA. En déduire la valeur à donner à la résistance R_3 .

B) ETUDE DU MONTAGE COMPLET (figure 2 de l'annexe)

Le générateur de courant I_{ref} de résistance interne infinie représente en fait la sortie du transistor T_1 .

- 1.4) Donner la valeur que doit avoir le courant de repos I_{C1} du transistor T_1 pour obtenir le courant I précédent.
- 1.5) Calculer la valeur à donner à la résistance R_1 pour obtenir ce résultat.
Donner le schéma d'analyse

2 ème PARTIE : ETUDE EN REGIME PETITS SIGNAUX SINUSOIDAUX

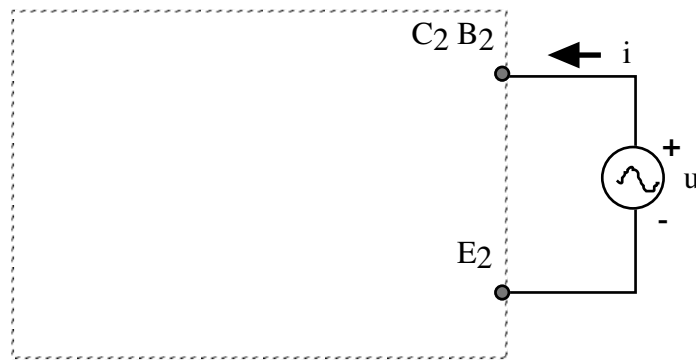
A) ETUDE DU MONTAGE MULTIPLIEUR DE COURANT (figure 1 de l'annexe)

Aux petites variations, ce montage est excité par un générateur de courant sinusoïdal i_{ref} représentant les variations de I_{ref} .

On se propose de déterminer le gain en tension $A_m = v_s / v$ du montage multiplieur de courant. Dans un premier temps, il convient de connaître aux petites variations et aux fréquences moyennes, la résistance équivalente r du dipôle constitué par le transistor T_2 dont la base et le collecteur sont réunis.

- 2.1) Dessiner dans le cadre ci-dessous, le schéma équivalent aux petites variations et aux fréquences moyennes du dipôle constitué **exclusivement par le transistor T_2** (partie encadrée de la figure 1)

Sachant que ce dipôle est excité par un générateur de tension sinusoïdale u qui débite un courant i , la résistance équivalente r du dipôle est égale à (u / i) .



- 2.2) Calculer l'expression de la résistance r du dipôle en fonction de g_{m2} , r_{be2} et la résistance interne r_{ce2} . Faire les approximations justifiées. Application numérique.
- 2.3) Dessiner le schéma équivalent au montage multiplicateur de la figure 1 en remplaçant T_2 par sa résistance de simulation r . Simplifier ce schéma en faisant des regroupements compte tenu des valeurs des paramètres r_{be} , g_m et r_{ce} des transistors considérés.
- 2.4) Rechercher l'expression du gain en tension $A_m = [v_s / v]$ du montage multiplicateur de courant et faire l'application numérique.
- 2.5) Déterminer l'expression de sa résistance de sortie R_{sm} vue entre C_4 et la masse. Ne pas oublier de dessiner le schéma permettant de calculer l'expression de R_{sm} . Application numérique.
- 2.6) Déterminer l'expression de sa résistance d'entrée R_{em} vue par le générateur de courant sinusoïdal i_{ref} . Application numérique.

B) ETUDE DU MONTAGE COMPLET (figure 2 de l'annexe)

- 2.7) En exploitant le résultat de la **question 2.6**, dessiner exclusivement le schéma équivalent aux variations de l'étage T_1 .
- 2.8) En déduire l'expression du gain en tension $A_1 = [v / v_e]$. Application numérique.
- 2.9) Calculer le gain en tension du montage complet.
- 2.10) Déterminer la résistance d'entrée R_e du montage complet vue par le générateur (e_g, R_g).
- 2.11) Calculer la valeur à donner à la capacité de liaison C_1 de manière que l'atténuation du gain par rapport aux fréquences moyennes soit égale à 3 dB à fréquence de 20 Hz.

**ETUDE D'UN AMPLIFICATEUR A MULTIPLIEUR DE COURANT
ANNEXE**

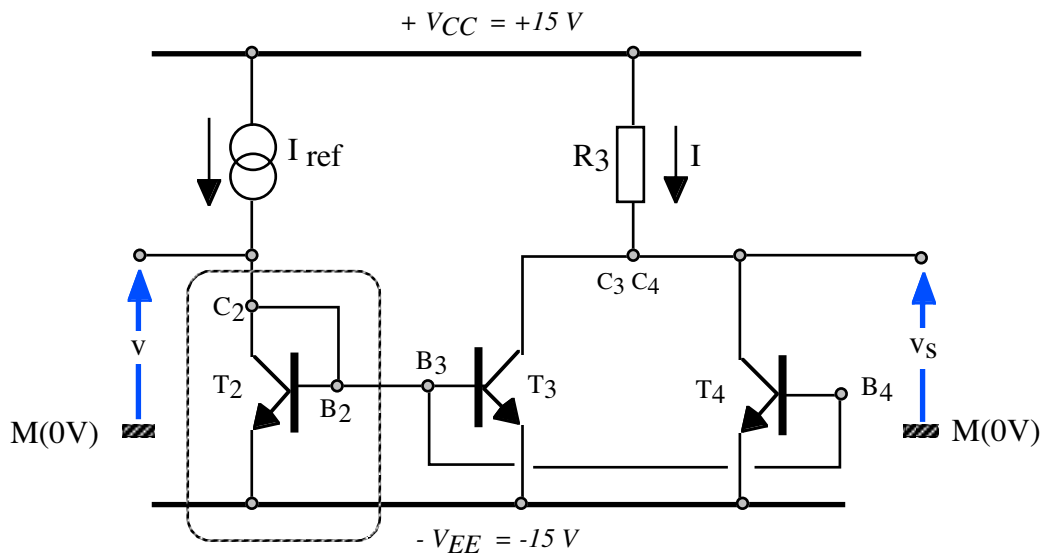


Figure 1 : Montage amplificateur de courant

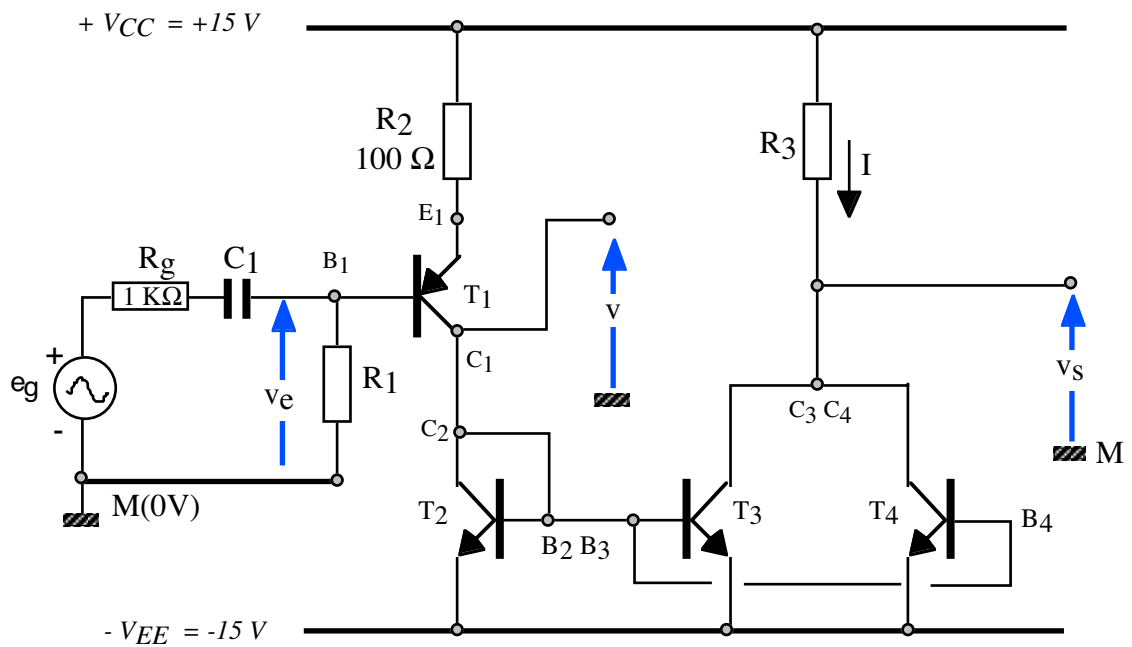


Figure 2 : montage amplificateur complet

CORRIGE

Q11 : Exploitation de la relation : $I_C = I_{SBC} \exp\left(\frac{V_{BE}}{U_T}\right)$ or : $V_{BE2} = V_{BE3} = V_{BE4}$

Conséquence : $I_{C2} = I_{C3} = I_{C4}$

Q12 : $I_{ref} = I_{C2} + I_{B2} + I_{B3} + I_{B4}$ $I = I_{C3} + I_{C4}$

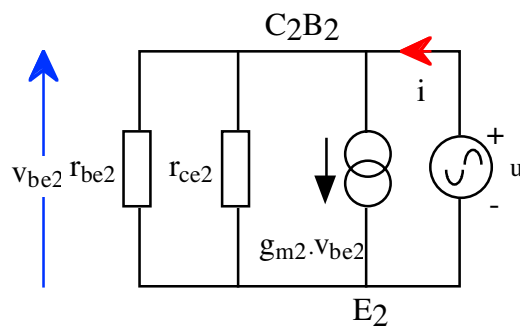
$$I = \frac{2I_{ref}}{3} \approx 2I_{ref}$$

Q13 : $R_3 = 15 \text{ k}\Omega$

Q14 : $I_{C1} = 0,5 \text{ mA}$

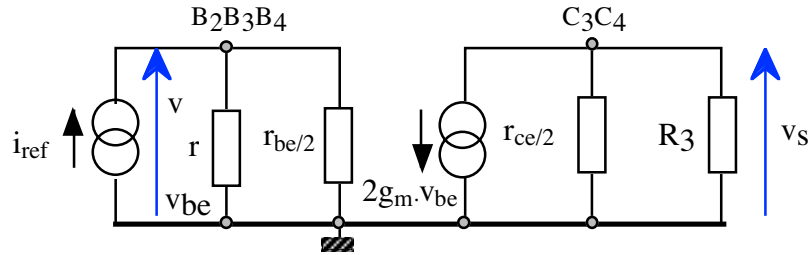
Q15 : $I_{B1} = 5 \text{ uA}$ $R_1 = 2,87 \text{ M}\Omega$

Q21 :



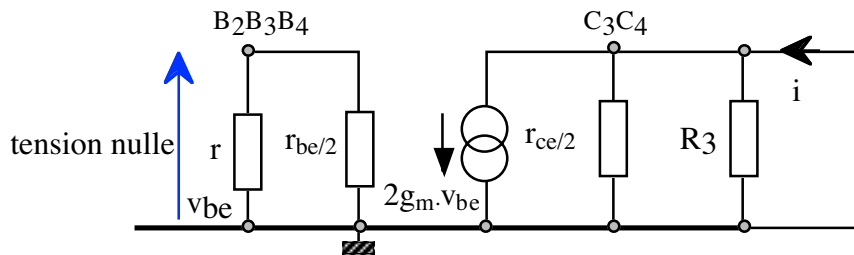
Q22 : Résistance r équivalente au dipôle : $r = \frac{1}{g_{m2} + \frac{1}{r_{be2} // r_{ce2}}} \approx \frac{1}{g_{m2}} = 50 \Omega$

Q23 :



Q24 :
$$\frac{v_s}{v} = -2g_m \left(\frac{r_{ce}}{2} // R_3 \right) = -558$$

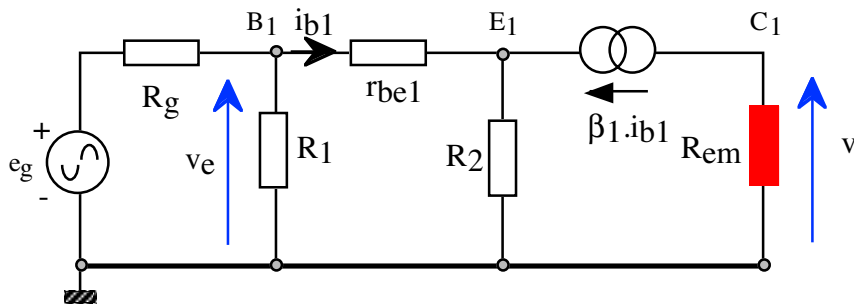
Q25 : Ouvrir le générateur i_{ref} et ne pas enlever R_3 .



$$R_{sm} = \left(\frac{r_{ce}}{2} // R_3 \right) = 13.9k\Omega$$

Q26 :
$$R_{em} = \frac{v}{i_g} = \frac{y}{i_{ref}} = r // \frac{r_{be}}{2} = 50\Omega$$

Q27 :



Q28 : Le courant dans R_2 est égal à $i_{b1} + \beta \cdot i_{b1}$:

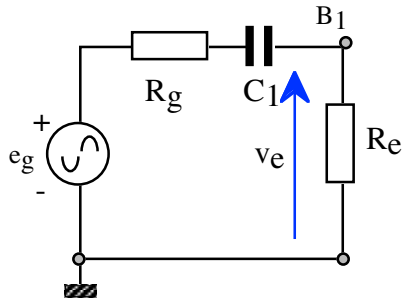
$$\frac{v_s}{v_e} = - \frac{\beta R_{em}}{r_{be1} + (\beta + 1)R_2} = -0,33$$

Q29 : Gain du montage complet : 184,8

Q2.10 : Si on nomme i_g le courant délivré par le générateur e_g :

$$R_e = \frac{v_e}{i_g} = R_1 // (r_{be1} + (\beta + 1)R_2) \approx 15k\Omega$$

Q2.11 : Constante de temps de la cellule d'entrée : $\tau = (R_g + R_e) C_1$



La fréquence de coupure à -3 dB est telle que : $f_c = \frac{1}{2\pi\tau}$ où $\tau = 7,96$ ms.

D'où $C_1 = 497$ nF