

dzNom :	Prénom :	Groupe :
---------	----------	----------

ECOLE POLYTECHNIQUE UNIVERSITAIRE DE NICE SOPHIA



Cycle Initial Polytech - PeiP
Première Année
Année scolaire 2011/2012



Epreuve d'électronique analogique N°4 - **CORRECTION**

Vendredi 15 Juin

Durée : 1h30

- ❑ Cours et documents non autorisés.
- ❑ Calculatrice de type collège autorisée
- ❑ Vous répondrez directement sur cette feuille.
- ❑ Tout échange entre étudiants (gomme, stylo, réponses...) est interdit
- ❑ Vous devez :
 - indiquer votre nom, prénom et groupe (– 1 point).
 - éteindre votre téléphone portable (– 1 point par sonnerie).

RAPPELS :

Modèle électrique équivalent de la diode lorsqu'elle est passante : $V_D = V_S + R_S \cdot I_D$ Modèle électrique équivalent de la diode lorsqu'elle est bloquée : $I_D = 0$	
Schéma électrique équivalent du transistor bipolaire NPN en régime de petit signal	
Impédance d'une capacité C : $1/(jC\omega)$ [Ω]	
Filtre passe bas : $G(\omega) = \frac{H}{1 + j\omega RC} = \frac{H}{1 + j\frac{\omega}{\omega_0}}$	Filtre passe haut : $G(\omega) = \frac{H}{1 - j\frac{1}{\omega RC}} = \frac{H}{1 - j\frac{\omega_0}{\omega}}$
Lien entre fréquence et pulsation : $\omega = 2\pi F$	
On notera aussi que : $\frac{V_A}{V_B} = \frac{V_A}{V_1} \cdot \frac{V_1}{V_B}$	

EXERCICE I : Amplificateur de classe A – la suite (11,5 pts)

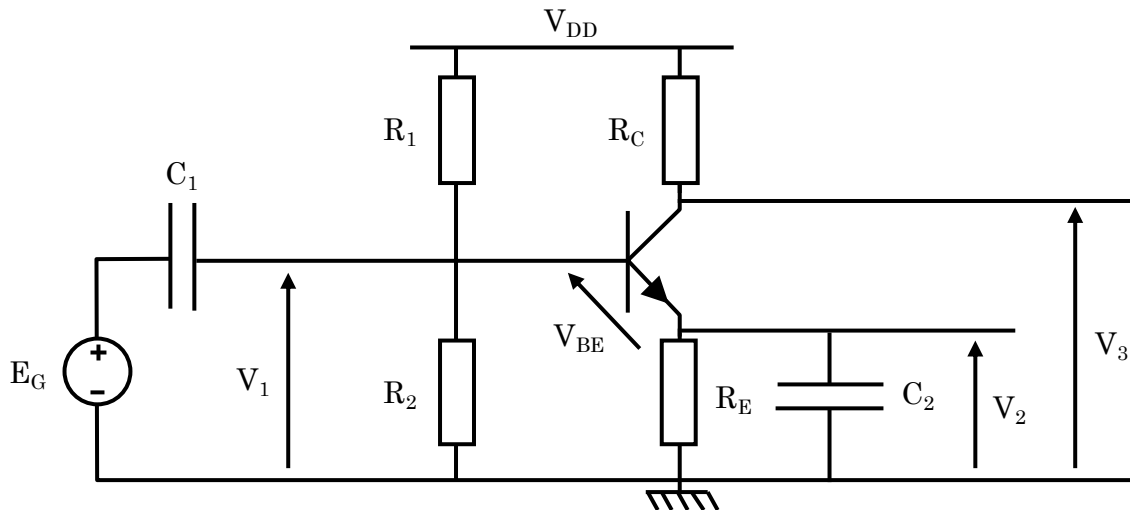


Figure I.1. Les éléments du montage sont : $V_{DD} = 9\text{ V}$, $R_1 = 10\text{ k}\Omega$, $R_2 = 2\text{ k}\Omega$, $R_C = 600\text{ }\Omega$, $R_E = 100\text{ }\Omega$. Transistor : $\beta = 100$, $V_{CEsat} = 0,2\text{ V}$ et sa base $V_S = 0,6\text{ V}$, $R_S = 1\text{ k}\Omega$

On se propose de poursuivre l'étude du montage de la figure (I.1) commencée au DS n°3 de cette année. Pour mémoire, il permet d'amplifier les variations de la tension E_G , la sortie étant la tension V_3 . Le transistor fonctionne en régime linéaire et dans tous les calculs, on supposera que : $\beta + 1 \approx \beta$. V_{DD} est référencée par rapport à la masse. Les tensions et courants sont constitués d'une partie statique (indice 0) et d'une partie dynamique (en lettres minuscules). Cela donne par exemple pour la tension en entrée : $E_G(t) = E_{G0} + e_g(t)$.

I.1. Etude statique du montage

I.1.1. Quel est le rôle de la capacité C_1 ? (0,5 pt)

- A) ☒ Empêcher la tension continue de E_G de modifier la polarisation du transistor.
- B) ☐ Faire osciller la base du transistor.
- C) ☐ Stabiliser thermiquement le transistor.
- D) ☐ Empêcher la tension alternative de E_G de modifier la polarisation du transistor.

I.1.2. Quel est le rôle de la capacité C_2 ? (0,5 pt)

- A) ☒ Empêcher la tension V_2 de varier et ainsi augmenter la valeur du gain $A_V = v_3/e_g$.
- B) ☐ Augmenter la valeur de la résistance R_E .
- C) ☐ Stabiliser thermiquement le transistor.
- D) ☐ Augmenter l'effet de la capacité C_1

I.1.3. Est-ce que la résistance R_E doit apparaître dans le schéma petit signal ? (0,5 pt)

- A) ☒ Non, car il n'y a pas de variation de courant dans R_E .
- B) ☐ Oui, même si j'ai bien répondu à la question I.1.2.
- C) ☐ Oui, car je ne veux pas avoir une bonne note
- D) ☐ Oui, mais je n'ai pas de raison valable

I.1.4. Quel est le rôle de la résistance R_E ? (0,5 pt)

- A) ☐ Augmenter la valeur de la capacité C_2 .
- B) ☒ Stabiliser thermiquement le transistor.
- C) ☐ Augmenter la valeur du gain $A_v = v_3/e_g$.
- D) ☐ Augmenter l'effet de la capacité C_1 .

I.1.5. Pour V_1 et E_G , la capacité C_1 forme un filtre ? (0,5 pt)

- A) ☐ Passe bas.
- B) ☒ Passe haut.
- C) ☐ Passe bande
- D) ☐ Coupe bande

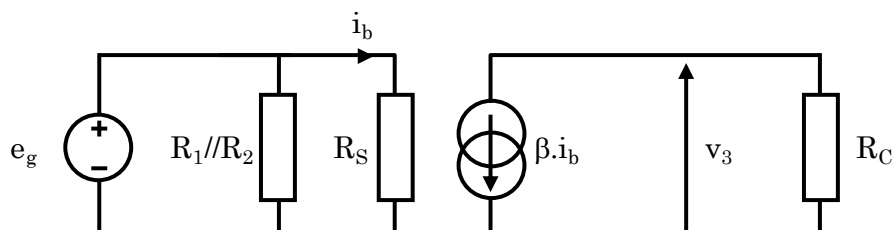
I.1.6. Pour V_2 et E_G , la capacité C_2 forme un filtre ? (0,5 pt)

- A) ☐ Passe haut.
- B) ☒ Passe bas.
- C) ☐ Passe bande
- D) ☐ Coupe bande

I.2. Etude en dynamique du circuit sans les capacités C_1 et C_2

On considérera que les capacités C_1 et C_2 sont des court-circuits en dynamique (donc pour les fréquences du signal $e_g(t)$).

I.2.1. Représenter ci-dessous le schéma petit signal du circuit étudié. La résistance $1/h_{oe}$ du transistor sera négligée devant R_C . (1 pt)



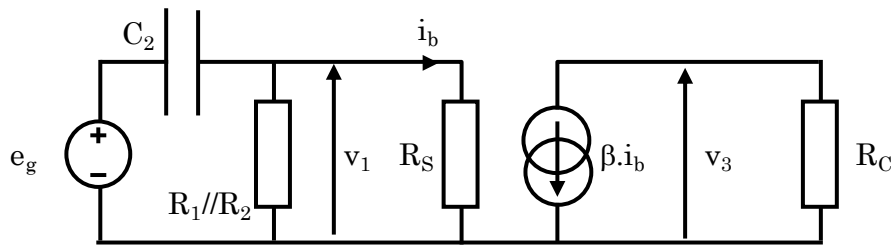
I.2.2. Donner l'expression et la valeur du gain en tension. **(0,5 pt)**

$$A_V = \frac{v_3}{e_g} = -\beta \frac{R_C}{R_S} = -60.$$

I.3. Etude en dynamique du circuit en laissant C_1

On considérera que la capacité C_2 est un court-circuit en dynamique (donc pour les fréquences du signal $e_g(t)$). On laisse C_1 car on cherche à déterminer la fréquence de coupure qui lui est associée.

I.3.1. Représenter ci-dessous le schéma petit signal du circuit étudié. La résistance $1/h_{oe}$ du transistor sera négligée devant R_C . **(0,5 pt)**



I.3.2. Donner l'expression du gain en tension en faisant apparaître la forme du filtre et donner son type. On posera $R_{eq} = R_1 // R_2 // R_S$. **(1 pt)**

$$A_{V1} = \frac{v_1}{e_g} = \frac{R_{eq}}{R_{eq} + \frac{1}{jC_1\omega}} = \frac{1}{1 - j \frac{1}{R_{eq}C_1\omega}}$$

Passe bas **X** Passe haut Passe bande Coupe bande

I.3.3. Donner l'expression de la fréquence de coupure du filtre. **(0,25 pt)**

$$F_{C1} = \frac{1}{2\pi R_{eq} C_1}$$

I.3.4. On souhaite amplifier la voix humaine qui est comprise entre 10 Hz et 20 kHz. Quelle valeur faut t'il donner à F_{C1} et déterminer l'expression et la valeur que l'on doit donner à la capacité C_1 . **(0,5 pt)**

$$F_{C1} = \frac{1}{2\pi R_{eq} C_1} < 10\text{Hz} \text{ soit } C_1 > \frac{1}{20\pi R_{eq}}$$

$$C_1 > 25 \mu\text{F}$$

I.3.5. Dédurre de la question I.3.2. l'expression du gain en tension. **(0,5 pt)**

$$A_{V3} = \frac{v_3}{e_g} = \frac{v_3}{v_1} \cdot \frac{v_1}{e_g} = -\beta \frac{R_C}{R_S} \frac{1}{1 - j \frac{1}{R_{eq}C_1\omega}}$$

I.3.6. Vers quelle valeur tend le gain du montage lorsque la fréquence tend vers 0. **(0,25 pt)**

$$A_V|_{F \rightarrow 0} = 0$$

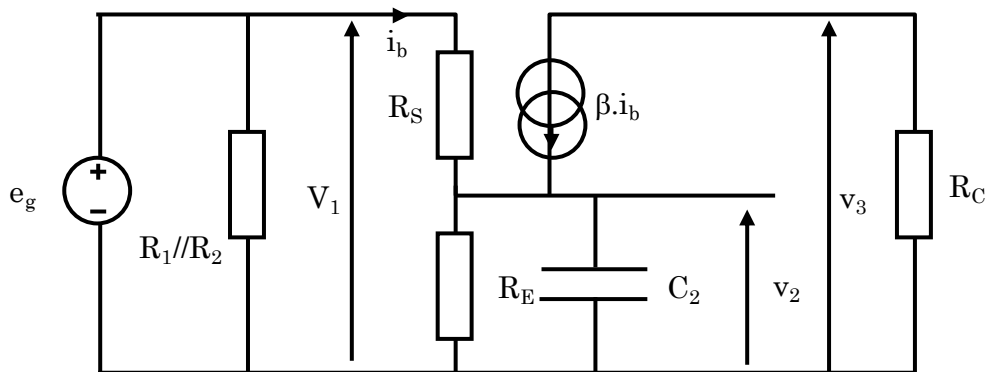
I.3.7. Vers quelle valeur tend le gain du montage lorsque la fréquence tend vers l'infini. **(0,25 pt)**

$$A_V|_{F \rightarrow \infty} = -60$$

I.4. Etude en dynamique du circuit en laissant C_2

On considérera que la capacité C_1 est un court-circuit en dynamique (donc pour les fréquences du signal $e_g(t)$). On laisse C_2 car on cherche à déterminer la fréquence de coupure qui lui est associée.

I.4.1. Représenter ci-dessous le schéma petit signal du circuit étudié. La résistance $1/h_{oe}$ du transistor sera négligée. **(1,5 pts)**



I.4.2. Donner l'expression du gain en tension en faisant apparaître la forme du filtre et donner son type. **(1 pt)**

$$A_{V2} = \frac{v_2}{e_g} = \frac{\beta \frac{R_E}{j\omega R_E C_2 + 1} i_b}{R_S i_b + \beta \frac{R_E}{j\omega R_E C_2 + 1} i_b} = \frac{\beta R_E}{R_S + \beta R_E} \frac{1}{1 + j\omega \frac{R_E R_S}{R_S + \beta R_E} C_2}$$

X Passe bas

Passe haut

Passe bande

Coupe bande

I.4.3. Donner l'expression de la fréquence de coupure du filtre. **(0,25 pt)**

$$F_{C2} = \frac{1}{2\pi \frac{R_E R_S}{R_S + \beta R_E} C_1}$$

I.3.4. On souhaite amplifier la voix humaine qui est comprise entre 10 Hz et 20 kHz. Quelle valeur faut t'il donner à F_{C12} et déterminer l'expression et la valeur que l'on doit donner à la capacité C_2 . **(0,5 pt)**

$$F_{C2} = \frac{1}{2\pi \frac{R_E R_S}{R_S + \beta R_E} C_2} < 10\text{Hz} \quad \text{soit} \quad C_2 > \frac{1}{20\pi \frac{R_E R_S}{R_S + \beta R_E}}$$

$$C_2 > 1,75 \text{ mF}$$

I.3.5. Vers quelle valeur tend le gain du montage lorsque la fréquence tend vers 0. **(0,25 pt)**

$$A_{V2}|_{F \rightarrow 0} = \frac{\beta R_E}{R_S + \beta R_E} = 0.91$$

I.3.7. Vers quelle valeur tend le gain du montage lorsque la fréquence tend vers l'infini. **(0,25 pt)**

$$A_{V2}|_{F \rightarrow \infty} = 0$$

EXERCICE II : Suivi d'une tension **(8,5 pts)**

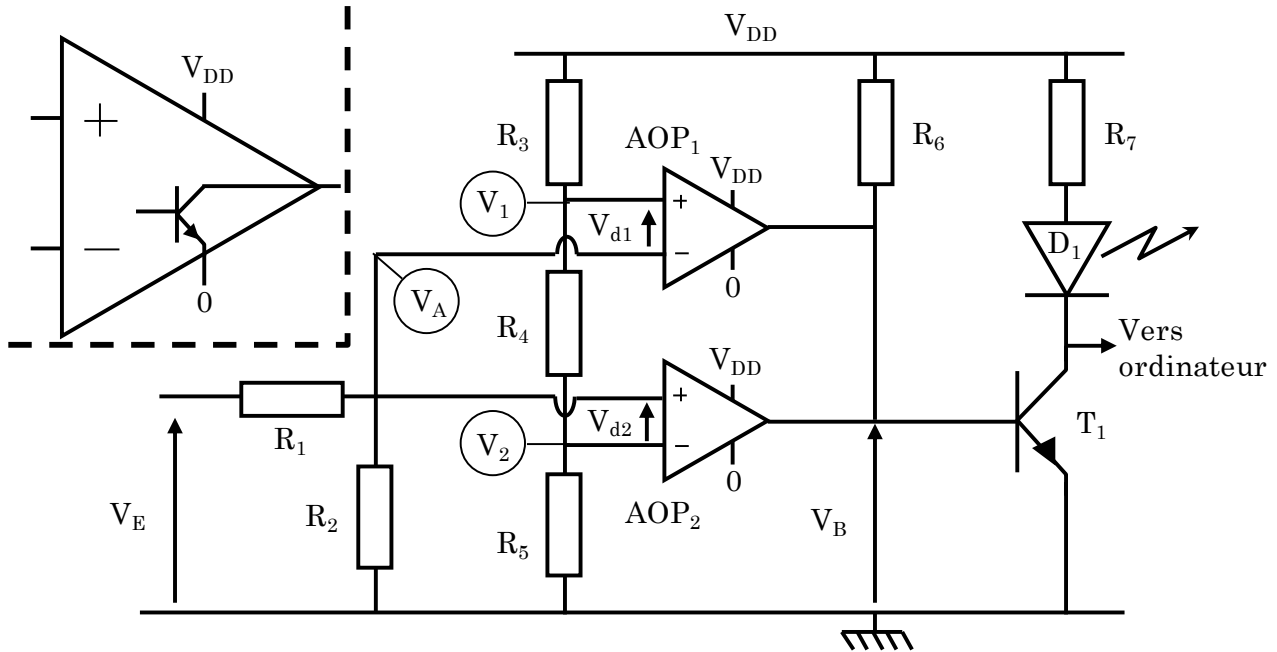


Figure II.1. Les éléments du montage sont : $V_{DD} = 9\text{ V}$, $R_1 = 20\text{ k}\Omega$, $R_2 = 10\text{ k}\Omega$, $R_3 = 51\text{ k}\Omega$, $R_4 = 10\text{ k}\Omega$, $R_5 = 51\text{ k}\Omega$, $R_6 = 22\text{ k}\Omega$, $R_7 = 390\text{ }\Omega$. Pour le transistor : $V_S = 0,6\text{ V}$, $R_S = 0\text{ }\Omega$, $\beta = 100 \approx \beta + 1$, $V_{CEsat} = 0\text{ V}$. Pour la diode LED D_1 rouge : $V_{SD1} = 1,2\text{ V}$ et $R_{SD1} = 10\text{ }\Omega$. Les AOP sont alimentés en 0 V et V_{DD} , ils ont un gain $A = 200000$ et les courants qui entrent dans les bornes $+$ et $-$ seront négligés. Les tensions V_A , V_1 et V_2 sont référencées par rapport à la masse.

ATTENTION : L'étage de sortie des 2 AOP n'est pas un Push-Pull mais un simple transistor NPN dont l'émetteur est connecté à l'alimentation basse de l'AOP et le collecteur à la sortie (comme indiqué en haut à gauche de la figure II.1). La tension V_{CE} de saturation de ce transistor est : $V_{CEsatAOP} = 0,25\text{ V}$

On souhaite étudier le fonctionnement du montage de la figure II.1. La tension V_E provient d'un des capteurs d'une maison « intelligente » et l'ordinateur central de cette maison prend des décisions en fonction de la valeur de cette tension qui est comprise entre 0 et 24 V.

II.1. Déterminer l'expression et la valeur de la tension V_1 . **(0,25 pt)**

$$V_1 = \frac{R_4 + R_5}{R_3 + R_4 + R_5} V_{DD} = 4,9\text{ V}$$

II.2. Déterminer l'expression et la valeur de la tension V_2 . **(0,25 pt)**

$$V_2 = \frac{R_5}{R_3 + R_4 + R_5} V_{DD} = 4,1\text{ V}$$

II.3. Pour $V_E = 13,5 \text{ V}$

II.3.1. Déterminer l'expression et la valeur de V_A (0,25 pt)

$$V_A = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_E = 4,5 \text{ V}$$

II.3.2. Donner l'expression de la tension V_B imposée par l'AOP1 en fonction de A , V_1 et V_A . (0,25 pt)

$$V_B = A \cdot V_{d1} = A \cdot (V_1 - V_A)$$

II.3.3. Quelle devrait être la valeur de cette tension ? (0,25 pt)

$$V_B = 200000 \times (4,9 - 4,5) = 80 \text{ kV}$$

II.3.4. Pour obtenir une telle valeur pour V_B et en regardant bien la maille de sortie (V_{DD} , R_6 et l'AOP1), il faudrait que le courant qui rentre dans l'AOP1 soit : (0,25 pt)

Positif ☒ Négatif ☐ Alternatif ☐ Complexe ☐

II.3.5. Est-ce possible ? (0,25 pt)

☒ NON ☐ OUI ☐ Je ne sais pas ☐ Peut-être

II.3.6. En déduire dans quel régime est polarisé le transistor de sortie de l'AOP1 ? (0,25 pt)

Régime : ☒ Bloqué ☐ Linéaire ☐ Saturé

II.3.7. Quelle devrait être la valeur de la tension V_B imposée par l'AOP2 ? (0,25 pt)

$$V_B = 200000 \times (4,5 - 4,1) = 80 \text{ kV}$$

II.3.8. En déduire dans quel régime est polarisé le transistor de sortie de l'AOP2 ? (0,25 pt)

Régime : ☒ Bloqué ☐ Linéaire ☐ Saturé

II.3.9. Donner alors l'expression et la valeur du courant de base du transistor T_1 . (0,25 pt)

$$I_{BT1} = \frac{V_{DD} - V_S}{R_6 + R_S} = 0,38 \text{ mA}$$

II.3.10. Donner alors l'expression et la valeur de la tension V_{CE} du transistor T_1 . (0,25 pt)

$$V_{CET1} = V_{DD} - (R_7 + R_{SD1}) \beta I_{BT1} - V_{STD1} = -7,5 \text{ V}$$

II.3.11. En déduire dans quel régime est polarisé le transistor T_1 . (0,25 pt)

Régime : ☐ Bloqué ☐ Linéaire ☒ Saturé

II.3.12. Est-ce que la LED D_1 est allumée ? (0,25 pt)

NON ☒ OUI ☐ Je ne sais pas ☐ Peut-être

II.4. Pour $V_E = 0 \text{ V}$.

II.4.1. Donner la valeur de V_A (0,25 pt)

$$V_A = 0 \text{ V}$$

II.4.3. Quelle devrait être la valeur de cette tension imposée par l'AOP1 ? (0,25 pt)

$$V_B = 200000 \times (4,9 - 0) = 980 \text{ kV}$$

II.4.4. En déduire dans quel régime est polarisé le transistor de sortie de l'AOP1 ? (0,25 pt)

Régime : ☒ Bloqué ☐ Linéaire ☐ Saturé

II.4.5. Quelle devrait être la valeur de la tension V_B imposée par l'AOP2 ? (0,25 pt)

$$V_B = 200000 \times (0 - 4,1) = -820 \text{ kV}$$

II.4.6. En déduire dans quel régime est polarisé le transistor de sortie de l'AOP2 ? (0,25 pt)

Régime : ☐ Bloqué ☐ Linéaire ☒ Saturé

II.4.7. En déduire dans quel régime est polarisé le transistor T_1 . (0,25 pt)

Régime : ☒ Bloqué ☐ Linéaire ☐ Saturé

II.4.8. Est-ce que la LED D_1 est allumée ? (0,25 pt)

☒ NON ☐ OUI ☐ Je ne sais pas ☐ Peut-être

II.5. Pour $V_E = 20 \text{ V}$ dire si la LED D_1 est allumée. (0,25 pt)

☒ NON ☐ OUI ☐ Je ne sais pas ☐ Peut-être

II.6. Compléter le tableau II.1. en fonction de la valeur de V_E . (3 pts)

V_E	V_A	V_B	D_1
$< 12,3 \text{ V}$	$< 4,1 \text{ V}$	$0,25 \text{ V}$	Allumée / Eteinte
$12,3 \text{ V} < V_E < 14,7 \text{ V}$	$4,1 \text{ V} < V_A < 4,9 \text{ V}$	$0,6 \text{ V}$	Allumée / Eteinte
$> 14,7 \text{ V}$	$> 4,9 \text{ V}$	$0,25 \text{ V}$	Allumée / Eteinte

