

**TP6 : BLOCS ANALOGIQUES À TRANSISTOR**

**- Partie 1 : Prise en main -**

On étudie l'amplificateur à transistors dont le schéma général est donné sur la figure 1. L'objectif de ces séances est d'appréhender le rôle des divers étages constituant un amplificateur opérationnel : la paire différentielle, l'étage de gain et l'étage de puissance. Pour chacun des 3 étages, on pourra proposer des versions "de base", telles que représentées ici, et des versions améliorées.

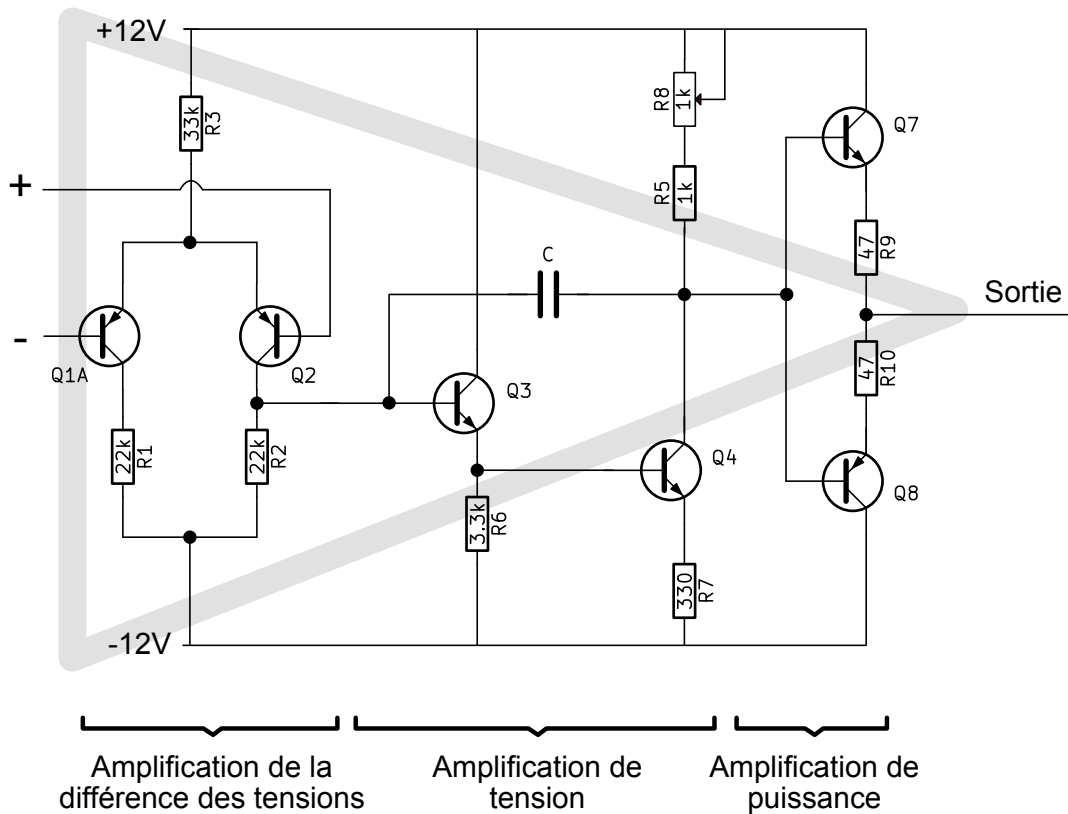


FIGURE 1 – Amplificateur à transistors à réaliser.

Pour réaliser les expériences, vous disposez de la maquette représentée sur la figure 2-a. Remarquez l'existence d'équipotentiels (alimentations et points de câblage) qui vous aideront à réaliser les montages ci-après.

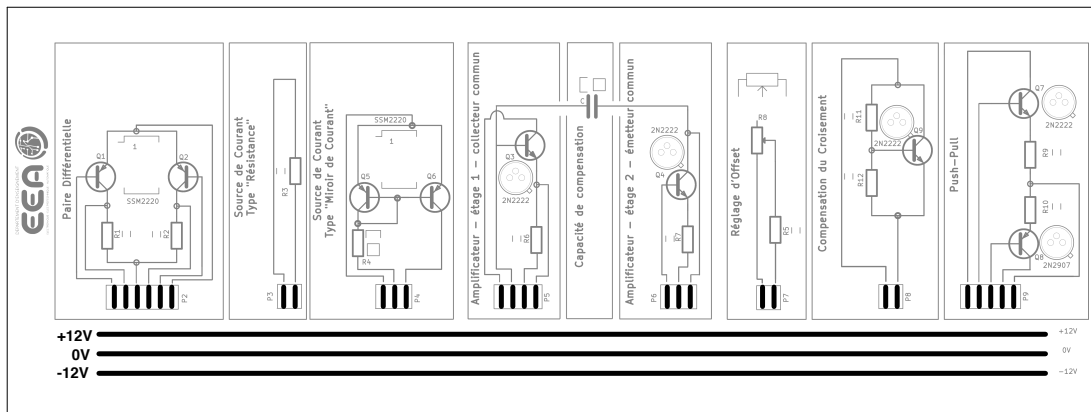


FIGURE 2 – Maquette fournie pour le câblage. Les équipotentielles sont représentées en traits noirs épais.

## - Partie 2 : Etude de la paire différentielle -

Câblez la paire différentielle seule comme indiqué sur la figure 3.

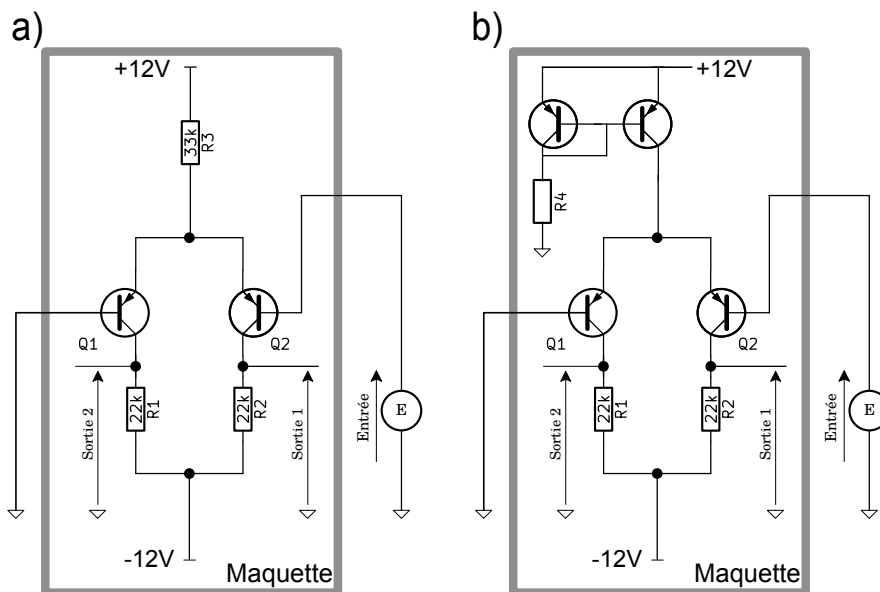


FIGURE 3 – Paire différentielle.

**II.1** - Faire varier la tension continue sur une entrée (l'autre est conservée à 0 V) et relever les variations de tension sur les collecteurs :  $V_{C1} = f(V_e)$  et  $V_{C2} = f(V_e)$  et sur l'émetteur  $V_E = f(V_e)$ , où  $V_e$  est une tension continue appliquée sur une des entrées de la paire différentielle. Expliquez les résultats obtenus et en déduire la ou les plages de tension que l'on pourra utiliser correctement.

**II.2** - Retrouvez (par le calcul ou dans votre cours) la fonction mathématique  $V_C = f(V_e)$ . Comparez à vos résultats expérimentaux et concluez sur la validité de cette expression.

**II.3 -** Injectez un signal alternatif à la place de la tension continue. Vérifiez alors, en accord avec les mesures en régime statique, quelle amplitude de signal d'entrée est utilisable au maximum avec ce montage. Mesurez aussi la valeur du gain dynamique de ce montage.

**II.4 -** Lorsque les deux entrées sont à la masse, mesurez précisément le courant qui traverse la résistance R3. Calculez alors valeur qu'il faut donner à R4 pour que le miroir de courant délivre le même courant que celui délivré par R3. Cablez alors le montage 3-b et vérifiez son bon fonctionnement.

### - Partie 3 : Paire différentielle + amplificateur de tension -

Câblez maintenant le montage de la figure 4.

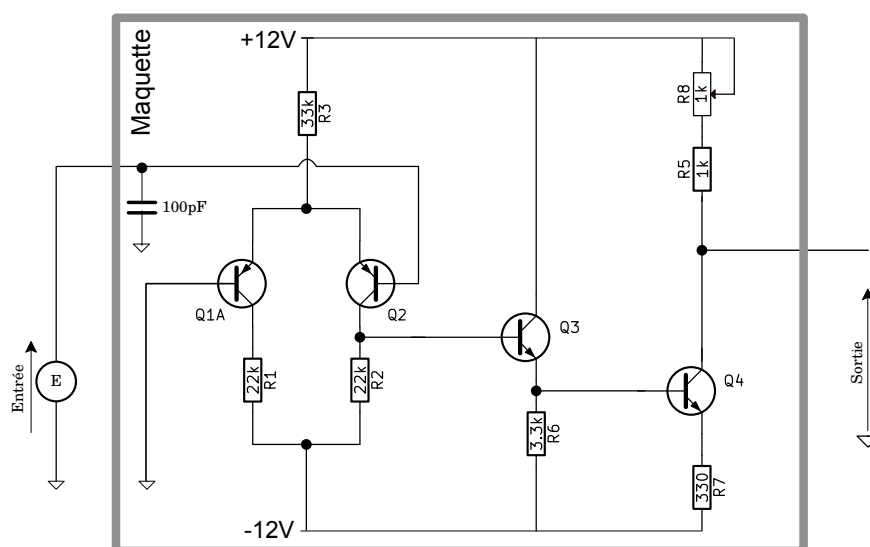


FIGURE 4 – Amplificateur de tension à fort gain.

**IMPORTANT : N'oubliez pas de placer la capacité de 100pF à l'entrée de la maquette, comme cela est indiqué sur la figure 4**

**III.1 -** En injectant une tension nulle en entrée, ajustez la résistance R8 pour obtenir une tension nulle en sortie.

**III.2 -** Tracer le diagramme de Bode de votre circuit.

**III.3 -** A faire chez vous : Donner le schéma équivalent petit signal basse fréquence du montage et calculer les gains en mode commun et en mode différentiel.

**III.4 -** A faire chez vous : Calculer et mesurer le gain de mode commun de votre montage et de la paire différentielle ainsi que son impédance d'entrée.

**III.5 -** A faire chez vous : Calculer et mesurer le gain de mode différentiel de votre montage et de la paire différentielle ainsi que son impédance d'entrée.

**III.6 -** A faire chez vous : Calculer et mesurer l'impédance dynamique de sortie de votre circuit. Conclure sur cette valeur ?

**III.7 -** A faire chez vous : Définir le taux de rejection du mode commun de votre circuit.

## - Partie 4 : Montage suiveur -

Avec simplement ces étages câblés, on peut déjà réaliser un amplificateur suiveur.

**IV.1** - Placez sur le circuit la capacité de compensation de  $470\text{ pF}$ . Vérifiez la nouvelle fréquence de coupure du circuit, vérifiez également la valeur du gain sur la bande plate.

**IV.2** - Calculez avec Matlab / fspice la bande passante d'un amplificateur opérationnel dont le gain et la bande passante seraient donnés par les valeurs mesurées ci-dessus.

**IV.3** - Cablez maintenant un amplificateur suiveur basé sur votre amplificateur à transistor, vérifiez le gain et la bande passante. Concluez.

**IV.4** - Entrer une tension carrée. Relever la pente du signal de sortie. Donner la valeur du slew rate de cet amplificateur. Montrer que pour une sinusoïde en entrée se phénomène peut également être observé sous certaines conditions.

**IV.5** - Expliciter la variation de tension aux bornes d'un condensateur chargé à courant constant. Expliciter lors de cet état hors équilibre, la variation de tension obtenue en sortie en fonction du temps, de  $IR_2$  et de  $C_2$ .

Remarque : Le slew rate est un état hors équilibre différent des modèles petits signaux classiquement utilisés. Supposons que la tension d'entrée  $\epsilon = e_+ - e_-$  passe instantanément à une valeur négative constante suffisante pour bloquer  $Q_2$ , alors  $I_{E1} = I_{C6} \approx I_{C1}$ . La tension aux bornes de  $R_2$  dépend des tensions base émetteur de  $Q_3$  et  $Q_4$  ainsi que de la chute de potentiel dans  $R_5$  (que l'on peut considérer comme constante), Ainsi la tension aux bornes de  $R_2$  est constante. Le courant  $IR_2$  circulant dans  $R_2$  reste alors constant et le surplus de courant  $I_{C1} - IR_2 = I_{\max} \approx IR_2$  va permettre de charger le condensateur  $C_2$  à courant constant. Si l'entrée  $\epsilon$  passe instantanément à une valeur positive suffisante pour bloquer  $Q_1$ , alors  $I_{C1} = 0$ . La tension aux bornes de  $R_2$  reste imposée par  $Q_3$ ,  $Q_4$  et  $R_5$ , et maintient le courant circulant dans  $R_2$  constant et égal à  $IR_2$ . Le condensateur  $C_2$  se décharge par ce courant constant.

## - Partie 5 : Push-Pull -

Cet étage donné figure 5 est destiné à amplifier le courant de sortie délivrable par l'amplificateur opérationnel. Réaliser dans un premier temps le montage seul tel qu'indiqué sur la figure 5.

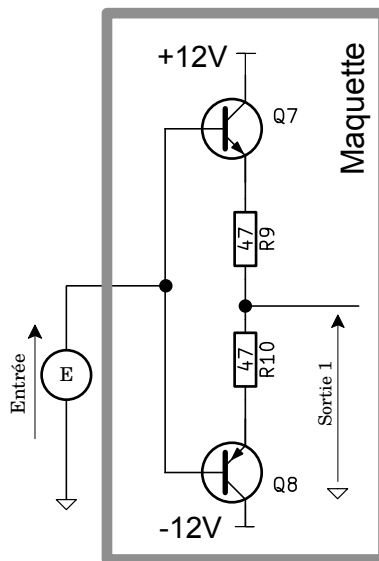


FIGURE 5 – Push-Pull.

**V.1** - Observer la forme d'onde obtenue à partir d'une sinusoïde appliquée en entrée. Quel est le gain en tension du montage? Quel est le gain en courant?

**V.2** - Quel phénomène appelle-t-on la distorsion de croisement? Quel est le rôle des résistances de  $47\ \Omega$ ?

### - Partie 6 : Amplificateur complet -

Pour éliminer la distorsion de croisement, on peut utiliser un transistor de compensation, comme indiqué sur la figure 6

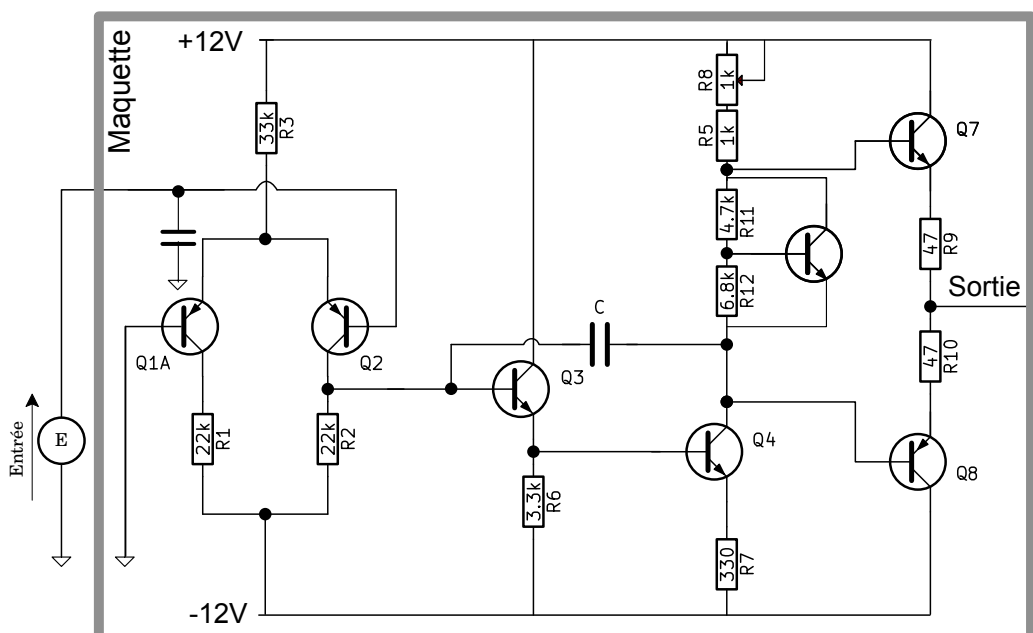


FIGURE 6 – Amplificateur complet.

**IMPORTANT : Cette fois encore, n'oubliez pas de placer la capacité de 100pF à l'entrée de la maquette, comme cela est indiqué sur la figure 6**

**VI.1** - Mesurer la tension continue entre les bases de Q1 et Q2. Conclure quand a la distorsion de croisement. Verifier le fonctionnement du montage en boucle ouverte et en suiveur.