



LIVRABLE 2

PROJET Traitement de Signal

S3E CPIA2

Paul Mourès / Imdad Chanou

SOMMAIRE :

INTRODUCTION :	3
E2 :	4
E5 :	4
E3 :	5
E4 :	13
E6 :	18
E7 :	19
E8 :	20
EXPLICATION COMPLEMENTAIRE :	21

Introduction :

Le projet se fonde sur un besoin très concret : écouter de la musique sans risquer d'endommager son téléphone portable, notamment dans un environnement humide comme la salle de bain. L'objectif principal est de concevoir une enceinte sans fil, fonctionnant sur batterie, qui permettra de diffuser de la musique depuis un téléphone placé en sécurité dans une autre pièce. En plus d'être pratique pour une utilisation quotidienne, cette enceinte devra également être suffisamment puissante et autonome pour être utilisée en extérieur, lors de sessions de skate ou de fêtes.

Pour réaliser ce projet, plusieurs composants de récupération seront utilisés, notamment un haut-parleur provenant d'une vieille voiture, la batterie d'un drone cassé, ainsi qu'un module audio bon marché trouvé en ligne. L'idée est de combiner ces éléments pour créer une enceinte unique et personnalisée, avec un design attrayant.

Le cahier des charges du projet stipule que l'amplificateur audio doit être réalisé par groupes de 4 élèves (ou 3 si nécessaire) en optimisant la consommation électrique et le gain en puissance de l'amplificateur. Le prototype devra être intégralement analogique et utiliser le matériel fourni, à savoir un haut-parleur, une prise jack 3.5mm mono mâle en entrée, et un module jack USB. Les transistors disponibles sont le 2N4401, 2N4403, 2N3904, BC547/BC557, BC546/556, TIP41C/TIP42C, ainsi que des amplificateurs opérationnels tels que le TL081 et le LM324. Les résistances et condensateurs à utiliser sont issus des séries E12 et E3 respectivement, avec des potentiomètres de 10k Ω , 50k Ω , et 500k Ω .

Un des aspects critiques du projet est la modélisation sur LTSpice, qui doit permettre de produire un maximum de gain en puissance à partir des caractéristiques du haut-parleur et de la sortie jack audio fournies. Le signal en sortie du prototype ne doit pas être distordu et l'alimentation doit être une alimentation de laboratoire réglée sur 12V maximum pour émuler l'utilisation d'une batterie. Il est également crucial de minimiser le courant demandé à l'alimentation afin d'optimiser la durée de vie de la batterie.

Le prototype doit inclure un potentiomètre pour le réglage du volume sonore, avec une configuration permettant de couper totalement le son lorsque le potentiomètre est tourné à fond d'un côté et de l'amplifier au maximum lorsqu'il est dans la position opposée. Par ailleurs, le prototype ne doit pas endommager le haut-parleur ni le module audio USB et doit permettre la suramplification du niveau des graves et des aigus.

Le projet sera géré en utilisant la méthode Kanban avec l'outil Trello, permettant d'organiser les tâches et de tenir des réunions de coordination régulières afin d'assurer un suivi rigoureux. Un diagramme de Gantt sera fourni à la fin du projet, commenté pour identifier les points de blocage et les ajustements nécessaires.

En combinant des composants récupérés et des méthodes de gestion de projet rigoureuses, ce projet vise à produire une enceinte sans fil pratique et performante.

L'amplificateur, au cœur du système, sera conçu pour maximiser le gain tout en minimisant la consommation énergétique, répondant ainsi à un besoin personnel avec une solution innovante et économique.

E2 :

Notre prototype est uniquement analogique, il est composé de deux montages émetteur commun et un montage push-pull en cascade. Nous avons mis deux montages émetteur commun en cascade pour avoir une tension importante en sortie (et aussi pour étudier le fonctionnement des impédances et de l'adaptation des montages).

Nous nous sommes ensuite rendu compte qu'un seul montage à émetteur commun suffisait, nous avons le même gain en courant à la fin. De plus, les courbes étaient écrêtées mais nous ne nous en étions pas rendu compte.

E5 :

Nous avons commencé par tester notre circuit en 5V, une valeur classique, nous pouvons tout de même essayer d'augmenter la tension d'alimentation plus importante (de l'ordre de 12V) pour vérifier si notre tension d'entrée est plus amplifiée.

Notre système se compose de deux amplificateurs classe A (émetteur commun) et d'un amplificateur classe B (Push Pull). En 5V, la valeur de sortie est de l'ordre de 1.5V pour une entrée à 50mV crête et de 1mA pour une valeur d'entrée de 6μA.

Pour une tension de 12V, nous avons une sortie de 2.2V et 2mA, nous prendrons donc la valeur de tension égale à 12V pour une puissance maximale en sortie.

Nous étions sur une alimentation en 12V, mais en consultant les datasheets, nous nous sommes rendu compte que si la tension dépassait 6V entre la base et l'émetteur, le transistor cesserait de fonction (surtension). Pour ne prendre aucun risque, nous limitons à 6V notre montage.

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
Collector - Emitter Voltage BC546 BC547 BC548	V_{CEO}	65 45 30	Vdc
Collector - Base Voltage BC546 BC547 BC548	V_{CBO}	80 50 30	Vdc
Emitter - Base Voltage	V_{EBO}	6.0	Vdc
Collector Current - Continuous	I_C	100	mAdc
Total Device Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	625 5.0	mW mW/ $^\circ\text{C}$
Total Device Dissipation @ $T_C = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	1.5 12	W mW/ $^\circ\text{C}$
Operating and Storage Junction Temperature Range	T_J, T_{stg}	-55 to +150	$^\circ\text{C}$

Pour le PNP BC556B, nous sommes même limité à 5V.

Nous prendrons pour tension d'alimentation de notre circuit 5V.

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
Collector - Emitter Voltage BC556 BC557 BC558	V_{CEO}	-65 -45 -30	Vdc
Collector - Base Voltage BC556 BC557 BC558	V_{CBO}	-80 -50 -30	Vdc
Emitter - Base Voltage	V_{EBO}	-5.0	Vdc
Collector Current - Continuous - Peak	I_C I_{CM}	-100 -200	mA _{dc}
Base Current - Peak	I_{BM}	-200	mA _{dc}
Total Device Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	625 5.0	mW mW/ $^\circ\text{C}$
Total Device Dissipation @ $T_C = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	1.5 12	W mW/ $^\circ\text{C}$
Operating and Storage Junction Temperature Range	T_J, T_{stg}	-55 to +150	$^\circ\text{C}$

E3 :

Nous avons déjà étudié les émetteurs communs, nous rajoutons un montage push-pull en sortie, pour augmenter la puissance (valeur d'intensité).

Le premier étage utilise un transistor NPN (BC546B) configuré en amplificateur à base commune. Ce transistor est chargé de fournir un gain en tension pour le signal d'entrée. Le bon fonctionnement de cet étage repose sur un réseau de résistances de polarisation qui fixe le point de fonctionnement du transistor, lui permettant de rester dans sa région active. Un condensateur connecté à l'émetteur court-circuite les variations de tension à haute fréquence, augmentant ainsi le gain dans cette plage, tandis qu'un potentiomètre permet d'ajuster la polarisation ou le niveau de gain selon les besoins.

Après amplification dans le premier étage, le signal est transmis au deuxième étage, construit de manière similaire. Ce second étage utilise un autre transistor BC546B pour assurer une amplification supplémentaire. Comme dans le premier étage, des résistances de polarisation et des condensateurs de couplage et de filtrage stabilisent et affinent le comportement de l'étage. Un potentiomètre supplémentaire est intégré pour permettre des ajustements précis du gain ou des paramètres de polarisation.

La dernière partie du circuit est l'étage de sortie, où un montage push-pull est utilisé pour amplifier la puissance du signal. Ce montage repose sur une paire de transistors complémentaires : un transistor NPN (BC547B) et un transistor PNP (BC556B). Leur configuration push-pull permet de traiter efficacement les cycles positifs et négatifs du signal alternatif, minimisant la distorsion et augmentant le rendement. Deux diodes sont insérées pour fournir un léger décalage de tension (bias), essentiel pour réduire la distorsion croisée qui pourrait autrement se produire lorsque les transistors passent de l'état actif à l'état inactif.

L'alimentation du circuit est assurée par une source de tension continue stabilisée, qui fournit l'énergie nécessaire au fonctionnement de l'ensemble des étages. Des condensateurs sont utilisés pour filtrer les bruits indésirables dans l'alimentation et stabiliser la tension appliquée aux transistors. En sortie, le signal amplifié est récupéré après l'étage push-pull et peut être utilisé pour piloter une charge telle qu'un haut-parleur.

En entrée nous générons un signal sinusoïdal 1kHz/100mV (crête-à-crête). Dans le fichier Excel, il est détaillé tous les calculs pour les valeurs des résistances ou autres.

Nous pouvons comparer nos résultats de simulation avec la valeur théorique :

Le passage de notre circuit à un circuit en petits signaux comprends deux étapes qui consistent à éliminer les condensateurs du circuit et à rattacher les éléments du circuit sur le quadripode équivalent au transistor.

- Élimination des condensateurs

Dans notre circuit, nos condensateurs ont des rôles spécifiques.

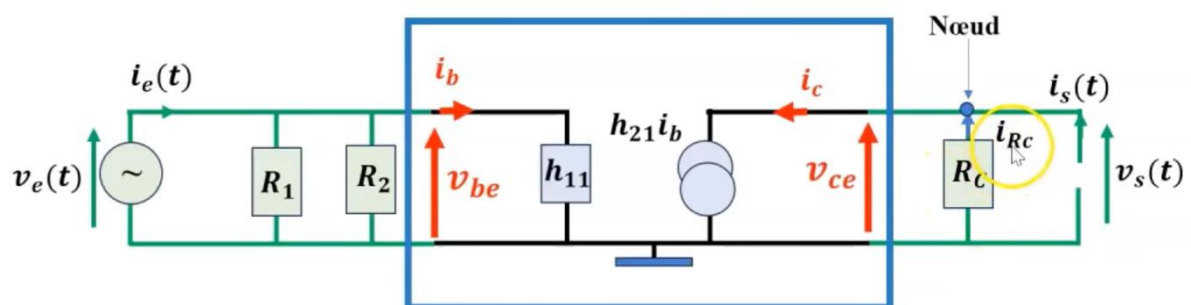
Les condensateurs C1 et C : sont des condensateurs de liaisons qui ont pour rôle d'éliminer la composante continue venant de la polarisation (points de fonctionnements) pour que l'information en entrée soit bien retransmise en sortie.

Le condensateur C2 : quant à lui est un condensateur de découplage qui sert à découpler la résistance de R_E .

- Rattacher les éléments du circuit sur le quadripode équivalent au transistor

Comme nous sommes en petits signaux, nous ne nous occupons pas de la composante continue mais uniquement de la partie variable du signal, c'est-à-dire que nous allons supprimer le V_{CC} et relié le fil à la masse. Il nous faudra enfin greffer tous les éléments de notre circuit sur le quadripode équivalent de notre transistor.

Ainsi nous avons le circuit suivant :



Circuit équivalent en petits signaux

Déterminons les résistances d'entrée et de sortie de notre circuit :

- Résistance d'entrée :

Déterminons la résistance équivalente R' de R_1 et R_2 :

$$R' = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

Notre résistance d'entrée est égale à :

$$R_e = \frac{R' h_{11}}{R' + h_{11}}$$

- **Résistance de sortie**

Notre résistance de sortie est égale à R_C , nous avons donc :

$$R_C = R_S$$

Le gain en tension de notre circuit est égal à :

$$\mathcal{A}_v = \frac{v_s(t)}{v_e(t)}$$

Avec notre circuit de petits signaux et grâce à la loi des mailles, nous pouvons déterminer les tensions d'entrée et de sortie du circuit.

- **Tension de sortie**

$$v_s(t) = -R_C \cdot i_{RC}$$

Remarque :

Notre tension est négative parce que le courant i_{RC} et la tension $v_s(t)$ sont de même sens.

D'après la loi des nœuds on a :

$$i_C = i_{RC} + i_s$$

Mais l'intensité i_s est nulle donc nous avons :

$$i_C = i_{RC} = \beta i_b$$

Ainsi nous avons donc :

$$v_s(t) = -R_C \cdot \beta i_b$$

- **Tension d'entrée**

$$v_e(t) = h_{11} i_b$$

Ainsi notre gain en tension a pour expression :

$$\mathcal{A}_v = \frac{-\beta R_C i_b}{h_{11} i_b}$$

En faisant entrée sur sortie nous trouvons $\xi = \frac{-R_c\beta}{h_{11}}$

Pour le calcul de h_{11} : (nous prenons 10kOhm pour h_{11}) pour le premier étage :

$$\xi = \frac{-R_c\beta}{h_{11}} = -\frac{2000 \times 294.3}{10000} = -58.8$$

En sortie du 1er étage nous trouvons une valeur de tension de 600mV pour une tension d'entrée de 50mV, soit un gain de 12. Il y a une grosse perte.

Pour le deuxième étage :

$$\xi = \frac{-R_c\beta}{h_{11}} = -\frac{2000 \times 294.3}{10000} = -58.8$$

En sortie du 2ème étage nous trouvons une valeur de tension de 1.3V pour une tension d'entrée de 600mV, soit un gain de 2.2. Il y a une grosse perte.

Dans notre cas, nous avons enlevé le deuxième étage en classe A.

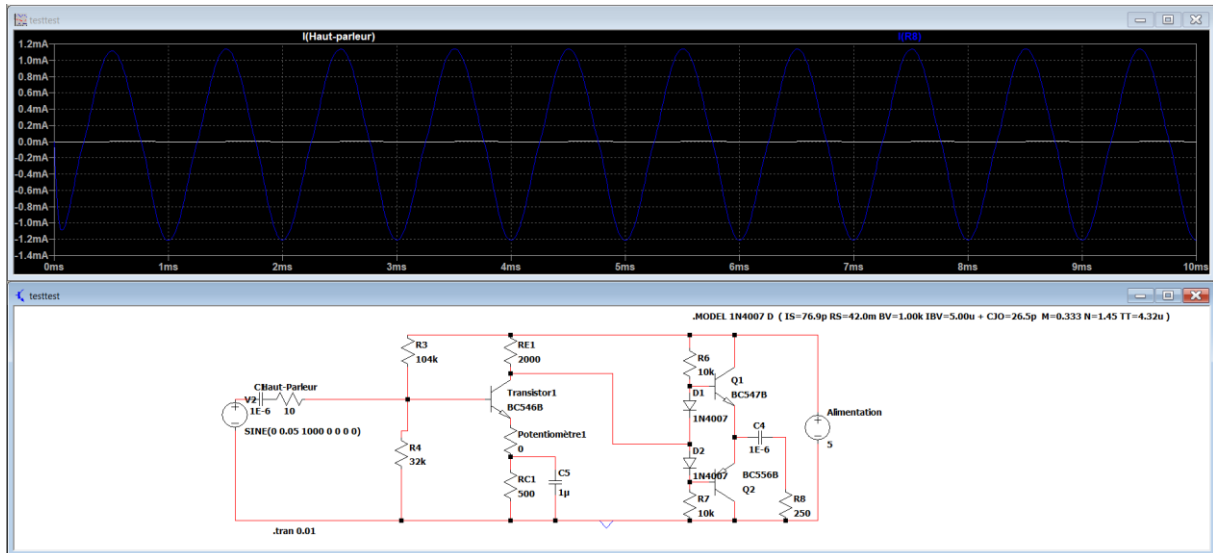
Le montage push-pull peut imposer une charge qui réduit le gain. De plus le rendement est limité, il ne sert à rien d'avoir plus d'étages en classe A pour notre part, le gain entre les étages ne fera que diminuer pour tendre vers 1.

Pour augmenter le gain nous pourrions changer les transistors pour un β plus élevé, mais nous n'en avons pas d'autres pour ce projet. De plus, les valeurs exactes des résistances pour la polarisation de nos transistors ne sont pas les mêmes que les valeurs normalisées, il y a un petit décalage (au plus près des valeurs existantes).

Passons à l'amplificateur push-pull, dans le cas idéal il a un gain en tension de 1, mais toujours pour la même raison des valeurs normalisées de résistances, le gain est un petit peu diminué en tension.

Nous pouvons calculer le gain en courant :

Nous avons trouvé que le gain en courant dans un amplificateur push-pull est $\beta_{PNP} + \beta_{NPN}$, soit d'après les valeurs des datasheets : $294.3 + 344.4 = 638.7$.



De 3.5μA à 1.1mA, soit une multiplication par 314.2.

Il y a une diminution entre la valeur théorique et la valeur simulé.

Tentative de calcul pour la gain (même si devons simplement simuler, cela nous permet d'avoir une vision entre théorique et simulé) :

Le gain en puissance (G_P) se définit comme le rapport entre la puissance de sortie (P_{out}) et la puissance d'entrée (P_{in}) :

$$G_P = \frac{P_{out}}{P_{in}}$$

Avec :

- $P_{in} = \frac{V_{in}^2}{R_{in}}$ Où $R_{in} = 10\Omega$,
- $P_{out} = \frac{V_{out}^2}{R_{out}}$ Où $R_{out} = 4\Omega$.

Le gain en puissance peut aussi être exprimé comme :

$$G_P = G_V^2 \cdot \frac{R_{in}}{R_{out}}$$

Où G_V est le gain en tension global du montage.

Gain en tension global (G_V)

Pour un montage en cascade, le gain en tension total est le produit des gains en tension des deux étages :

$$G_V = G_{EC} \cdot G_{PP}$$

a. Gain en tension de l'émetteur commun (G_{EC})

Le gain en tension d'un émetteur commun est approximativement donné par :

$$G_{EC} = -\frac{R_{charge}}{r_e}$$

Où :

- R_{charge} est la résistance de charge vue par l'émetteur commun (souvent l'impédance d'entrée de l'étage push-pull),
- $r_e \approx \frac{26\text{mV}}{I_c}$ est la résistance dynamique d'émetteur (I_c est le courant de repos du transistor).

Gain en tension du push-pull (G_{PP})

Un étage push-pull en classe AB a généralement un gain en tension proche de 1 ($G_{PP} \approx 1$), car il agit principalement comme un amplificateur de puissance.

Résistance dynamique de l'émetteur (r_e) :

La résistance r_e pour un transistor bipolaire est donnée par :

$$r_e = \frac{26\text{mV}}{I_{CQ}}$$

Avec $I_{CQ} = 1 \text{ mA}$:

$$r_e = \frac{26\text{mV}}{1 \text{ mA}} = 26\Omega$$

Charge vue par l'émetteur commun (R_{charge}) :

La charge de l'émetteur commun est approximativement l'impédance d'entrée du push-pull.

Supposons pour simplifier que cette impédance est suffisamment grande (par exemple $R_{charge} \gg r_e$), permettant un gain optimal.

Le gain en tension du transistor émetteur commun est donc :

$$G_{EC} = -\frac{R_{charge}}{r_e}$$

Gain du push-pull (G_{PP})

Le gain en tension d'un étage push-pull en classe AB est proche de 1 ($G_{PP} \approx 1$).

3. Gain en tension global (G_V)

Le gain total en tension est :

$$G_V = G_{EC} * G_{PP} \approx G_{EC}$$

La puissance d'entrée est donnée par :

$$P_{in} = \frac{V_{in}^2}{R_{in}}$$

Avec $V_{in} = 50\text{mV}$ et $R_{in} = 10\Omega$:

$$P_{in} = \frac{(50 \times 10^{-3})^2}{10} = 2.5\mu W$$

La puissance de sortie est liée à G_P et sera calculée une fois G_V connu.

$$R_{charge} = R_{liaison} \parallel R_{liaison} = \frac{10k\Omega}{2} = 5k\Omega$$

2 Gain de l'émetteur commun (G_{EC})

Le gain en tension de l'émetteur commun est donné par :

$$G_{EC} = -\frac{R_{charge}}{r_e}$$

Avec $R_{charge} = 5k\Omega$ et $r_c = 26\Omega$:

$$G_{EC} = \frac{-5000}{26} \approx -192.3$$

3 Gain du push-pull (G_{PP})

L'étage push-pull a un gain en tension proche de 1 ($G_{PP} \approx 1$).

Ainsi, le gain total en tension est :

$$G_V = G_{EC} \cdot G_{PP} \approx -192.3$$

4 Gain en puissance (G_P)

Le gain en puissance est lié au carré du gain en tension et au rapport des impédances :

$$G_P = G_V^2 \cdot \frac{R_{in}}{R_{out}}$$

Avec :

- $G_V = -192.3$.
- $R_{in} = 10\Omega$,
- $R_{out} = 4\Omega$.

$$G_P = (-192.3)^2 \cdot \frac{10}{4} = 36981 \cdot 2.5 \approx 92452.5$$

Puissance d'entrée :

$$P_{\text{in}} = \frac{V_{\text{in}}^2}{R_{\text{in}}} = \frac{(50 \times 10^{-3})^2}{10} = 2.5 \mu \text{ W}$$

Puissance de sortie :

La puissance de sortie est :

$$P_{\text{out}} = G_P \cdot P_{\text{in}} = 92452.5 \cdot 2.5 \mu \text{ W} \approx 231.13 \text{ mW}$$

Puissance dissipée dans la résistance de sortie

La puissance dissipée dans R_{out} est donnée par :

$$P_{\text{dissipée}} = \frac{V_{\text{out}}^2}{R_{\text{out}}}$$

où V_{out} est la tension de sortie maximale que le circuit peut fournir.

Tension maximale admissible ($V_{\text{out, max}}$)

Pour éviter d'endommager la résistance, la puissance dissipée ne doit pas dépasser P_{nom} . La tension maximale admissible est donc donnée par :

$$V_{\text{out, max}} = \sqrt{P_{\text{nom}} \cdot R_{\text{out}}}$$

Exemple : si $P_{\text{nom}} = 0.25 \text{ W}$

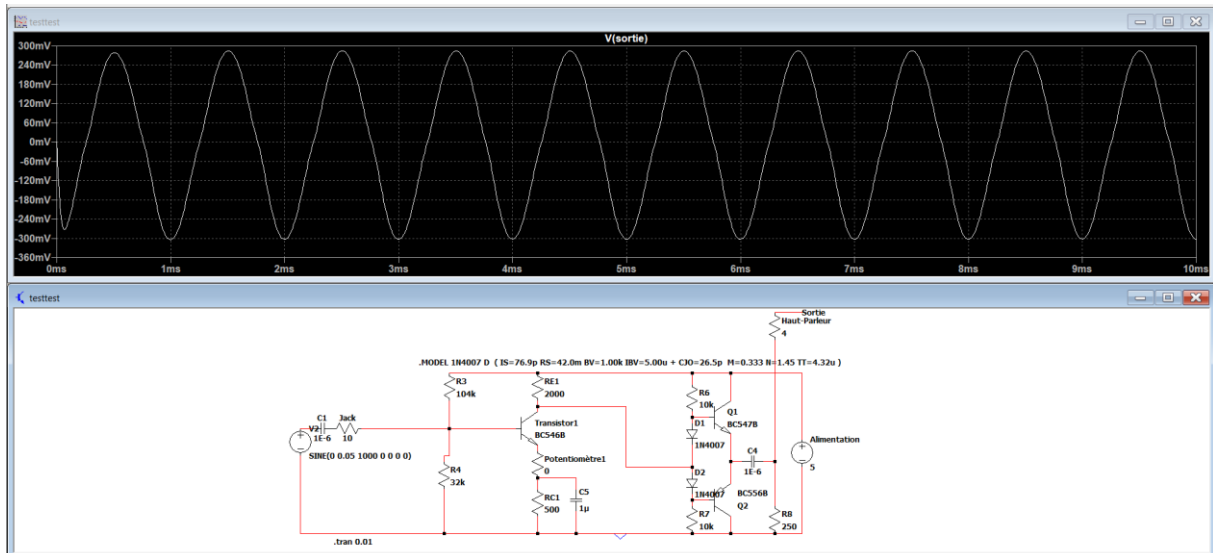
Pour une résistance de 4Ω avec une puissance nominale de 0.5 W , la tension maximale est :

$$V_{\text{out, max}} = \sqrt{0.25 \cdot 4} = \sqrt{1} \approx 1 \text{ V(rms)}$$

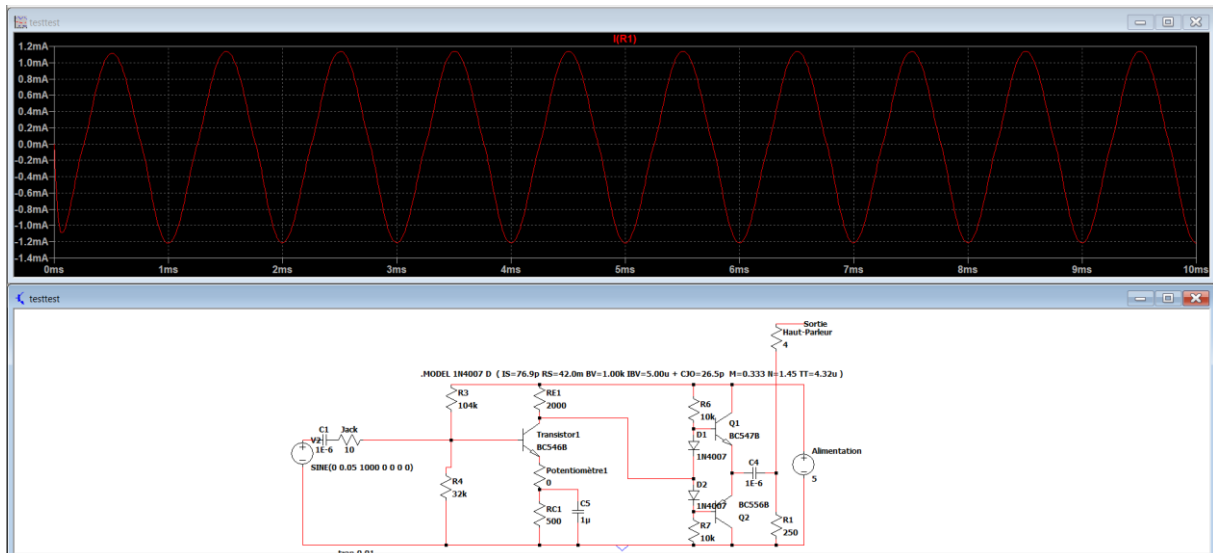
Cela correspond à une puissance maximale :

$$P_{\text{max}} = \frac{V_{\text{out, max}}^2}{R_{\text{out}}} = \frac{1^2}{4} = 0.25 \text{ W}$$

Nous arrivons assez proche de la valeur maximale pour ne pas endommager le haut-parleur.



Nous avons une tension RMS de 275mV et une intensité de 1.1mA.



Nous avons donc une puissance de $275^E-3 \times 1.1^E-3 = 3.025^E-4$, soit 0.302 mW ($P=U \times I$).

Nous trouvons une valeur supérieure à notre tentative de calcul, la puissance semble correcte.

E4 :

Avec les valeurs que nous avons calculé dans le Excel, nous pouvons simuler notre montage complet :

Voici un rappel, avec les valeurs adaptées de notre 1^{er} livrable :

Nous voulons un amplificateur classe A, il faut calculer les différentes valeurs des différents composants en polarisant le transistor (pour que son fonctionnement soit maximum).

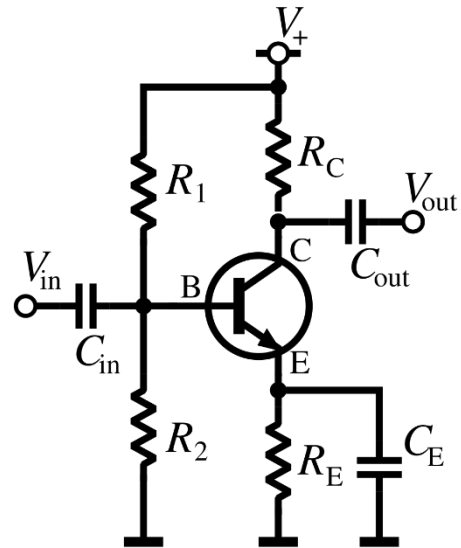
Il nous reste à recalculer les différentes valeurs des résistances et des condensateurs que nous n'avons pas encore.

Nous utilisons des transistors BC-546, sur lesquelles nous allons travailler.

D'après la datasheet, le gain en courant β à, pour valeur minimale 294.3. L'intensité est de 2mA.

La valeur de tension V_{CC} est commune au montage et est de 5V.

Il nous faut ensuite appliquer la méthode pour calculer les différentes valeurs de résistances. La méthode est mise ci-dessous mais les calculs sont exécutés sur Excel.



1. Choisir V_{CC} .
2. Choisir un transistor : (I_{CQ} , β) sont connus.
3. Poser : $V_{EM} = 0.1 V_{CC}$.
4. Tirer : $R_E = \frac{V_{EM}}{I_{CQ}}$ (loi d'Ohm).
5. Calculer : $R_C = 4 R_E$ (si on veut que le point de repos Q (V_{CEQ} , I_{CQ}) soit au milieu de la droite de charge statique).
6. Prendre : $I_P = 10 I_{BQ} = 10 \left(\frac{I_{CQ}}{\beta} \right)$.
7. Calculer : $V_{BM} = V_{EM} + V_{BEQ}$ (avec $V_{BEQ} = 0.6 \text{ V}$ pour un transistor en Si et 0.3 V pour un transistor en Ge).
8. Calculer : $R_{B2} = \frac{V_{BM}}{I_P}$.
9. Calculer : $R_{B1} = \frac{(V_{CC} - V_{BM})}{(I_P + I_{BQ})} = \frac{(V_{CC} - V_{BM})}{[I_P + (I_P/10)]}$.

Complément pour trouver $R_C = 4 \cdot R_E$:

Équation (1) : $V_{CC} = V_{EM} + V_{CE} + R_C I_C$

Comme le point de repos Q (V_{CEQ} , I_{CQ}) appartient à la droite de charge statique (et on veut qu'il soit au milieu), alors ses coordonnées vérifient l'équation 1.

1. $V_{CC} = V_{EM} + V_{CEQ} + R_C I_{CQ}$
2. $V_{CC} = a \cdot V_{CC} + \left(\frac{V_{CC}}{2} \right) + b \cdot R_E I_{CQ}$
3. $V_{CC} = a \cdot V_{CC} + \left(\frac{V_{CC}}{2} \right) + a \cdot b \cdot V_{CC}$
4. $1 = a + \frac{1}{2} + a \cdot b$
5. $a(1 + b) = \frac{1}{2}$

Nous pouvons maintenant calculer sur Excel en suivant la méthode :

V _{CC}	5	V			
BC546					
h _{FE}	294,3				
I _C	2,00E-03	A	I _{CQ}	1,00E-03	A
V _{EM}	0,5	V			
R _E	500	Ohm			
R _C	2000	Ohm			
I _p	3,40E-05	A			
V _{BM}	1,1	V	0.6 pour le transistor silicium		
R _{B2}	32373	Ohm			
R _{B1}	104342,7273	Ohm			
I _{BQ}	3,39789E-06				

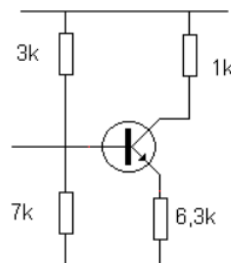
Il y a également sur Excel, une partie pour le calcul des résistances d'entrée et de sortie pour les ajouter entre nos étages :

Point de repos :

(Rappel sur le point de repos) :

http://meteosat.pessac.free.fr/Cd_elect/perso.wanadoo.fr/f6crp/elec/sc/polar.htm)

Nous allons voir grâce à un exemple comme l'analyse sur un tel montage est facile.



Voici notre montage. Précisons que les valeurs de résistances ne sont pas standards. La tension d'alimentation est de 10V. Nous allons nous attacher à calculer toutes les tensions et tous les courants de ce montage.

1 - calculons la tension délivrée par le pont résistif R1.R2

Nous savons que

$$V_b = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot V_{CC}$$

ce qui donne

$$V_b = \frac{7}{10} \times 10 = 7V$$

2 - calculons la tension présente sur l'émetteur du transistor

$$V_e = V_b - V_{be}$$

$$V_e = 7 - 0,7 = 6,3 V$$

3 - calculons le courant d'émetteur qui sera égal au courant collecteur

$$I_e = U_{re} / R_e$$

$$I_e = V_e / R_e$$

$$I_e = 6,3 / 6300 = 0.001 \text{ mA}$$

Le courant collecteur étant à I_b près égal à I_e

4 - calculons la chute de tension aux bornes de la résistance de collecteur

$$U = R_c \cdot I_c$$

On prendra I_c = I_e

$$U_{rc} = 1000 \times 0.001 = 1V$$

5 - calculons V_{ce}

$$V_{ce} = V_{CC} - R_c \cdot I_c - R_e \cdot I_e$$

$$V_{ce} = 10 - 1 - 6.3 = 2,7 V$$

6 - notre point de repos est positionné comme suit

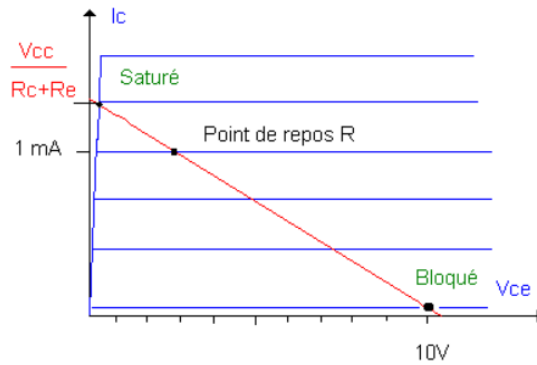
$I_c = 1 \text{ mA}$
 $V_{ce} = 2.7 \text{ V}$

7 - dessinons notre droite de charge en déterminant les deux points caractéristiques

Equation globale de collecteur :
 $V_{cc} - (R_c I_c + V_{ce} + R_e I_e) = 0$

Courant de saturation
Quand $V_{ce} = 0$, $I_c = V_{cc} / (R_c + R_e)$
 $I_c \text{ pour } V_{ce}=0 = 10 / 7300 = 1.37 \text{ mA}$

Quand $I_c = 0$ $V_{ce} = V_{cc}$ soit 10 V



Vous pourrez trouver une feuille dans le fichier Excel pour le calcul de notre point de repos.

Simulation obsolète :

Nous pouvons maintenant simuler le circuit :

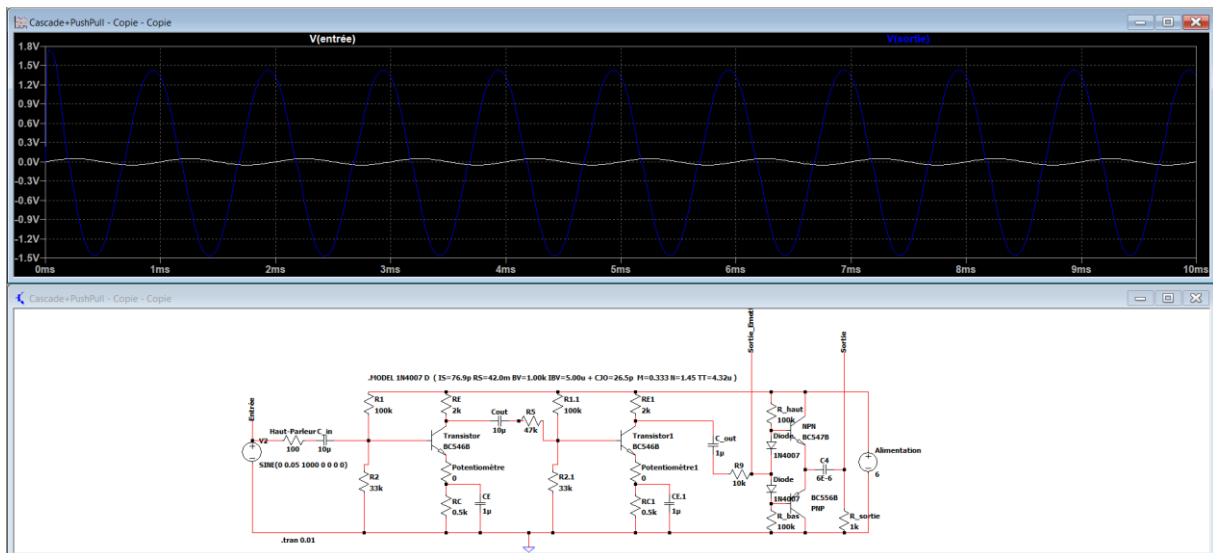


Figure1-A : Essai de l'amplification-valeur de la tension entrée/sortie

L'entrée est à 50mV crête pour une sortie de 1.5V. Le facteur d'amplification est de 30.

Maintenant, nous pouvons ajouter notre montage push-pull en sortie :

Voici le calcul des valeurs de résistances et de condensateurs :

Lorsque nous rentrons nos valeurs sur le site fourni lors d'une des corbeilles ([https://www.petervis.com/GCSE Design and Technology Electronic Products/push-pull-amplifier/push-pull-amplifier-bias-calculator.html](https://www.petervis.com/GCSE%20Design%20and%20Technology%20Electronic%20Products/push-pull-amplifier/push-pull-amplifier-bias-calculator.html)), adapté à nos valeurs, nous devons mettre des résistances de 100kOhm.

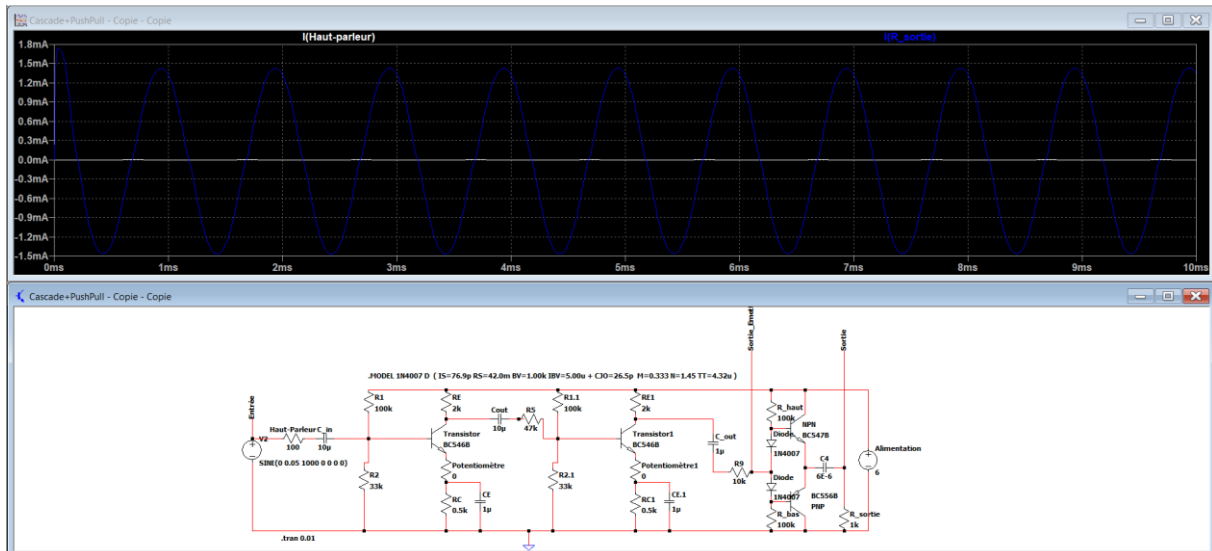


Figure 1-B : Essai d'amplification-valeur du courant entrée/sortie

La sortie en tension est un petit peu diminuée, mais l'intensité est drastiquement augmentée :

De 3.5µA à 1.5mA, soit une multiplication par 428.

En sortie, sont déformés ou écrêtés.

Simulation à jour : Nous n'avons plus besoin de résistances de liaisons :

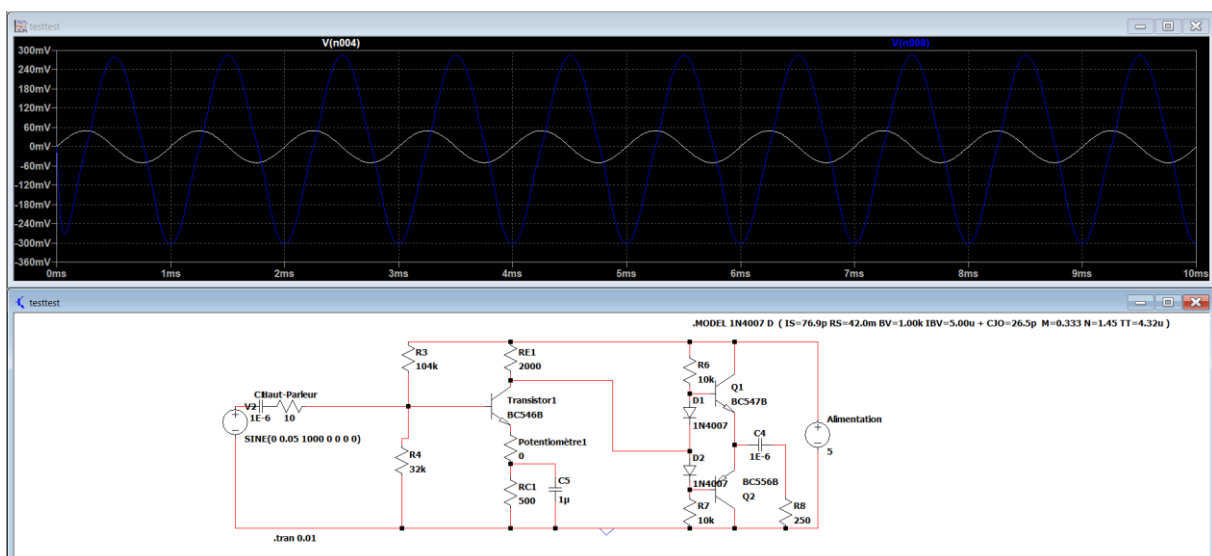


Figure 2-A : Circuit du prototype- valeurs de la tension entrée/sortie

L'entrée est à 50mV crête pour une sortie de 300mV. Le facteur d'amplification est de 6.

Maintenant, nous pouvons ajouter notre montage push-pull en sortie :

Voici le calcul des valeurs de résistances et de condensateurs :

Lorsque nous rentrons nos valeurs sur le site fourni lors d'une des corbeilles (https://www.petervis.com/GCSE_Design_and_Technology_Electronic_Products/push-pull-amplifier/push-pull-amplifier-bias-calculator.html), adapté à nos valeurs, nous devons mettre des résistances de 10kOhm.

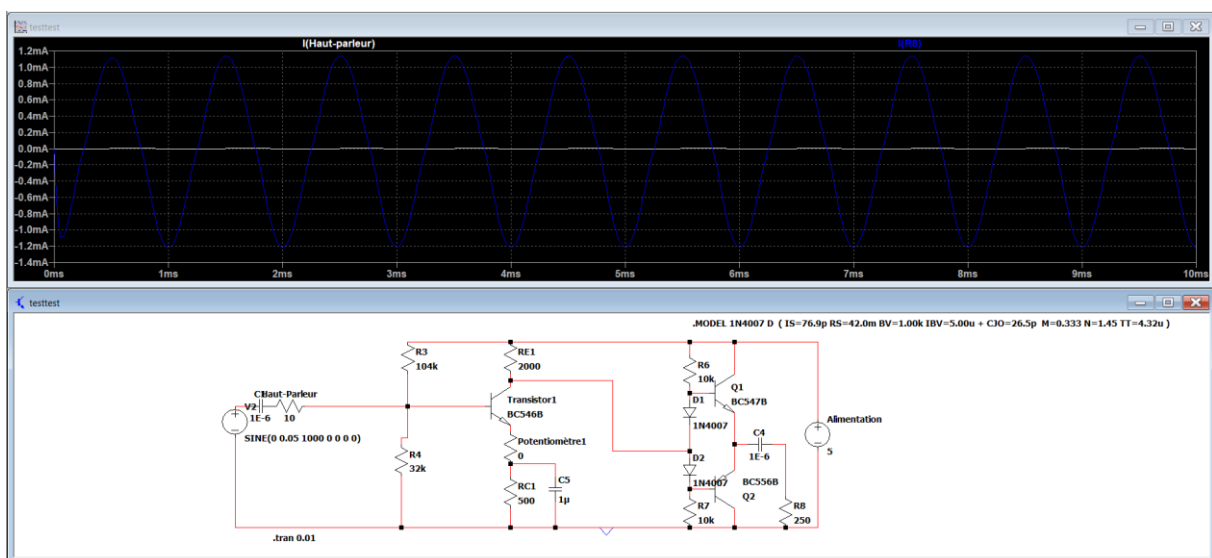


Figure 2-B : Circuit du prototype- valeurs du courant entrée/sortie

La sortie en tension est un petit peu diminuée, mais l'intensité est drastiquement augmentée :

De 3.5μA à 1.1mA, soit une multiplication par 314.2.

En sortie, ni la tension, ni l'intensité ne sont déformés ou écrêtés.

E6 :

Pour minimiser la consommation nous utilisons des techniques, telles que la sélection de transistors à faible consommation ou la réduction des valeurs de résistances et des capacités où c'est possible. Nous avons pris les transistors avec une faible consommation dans ce qui est disponible, et nous avons dimensionner au plus juste les

résistances pour polariser correctement les transistors. La suppression d'un étage amplificateur de classe A, a contribué à cette réduction de consommation courant.

Courant demandé à notre alimentation

Le courant demandé par l'alimentation correspond au courant traversant la source d'alimentation I. Lorsque nous prélevons le courant sur notre alimentation par simulation, nous avons le graphe suivant :

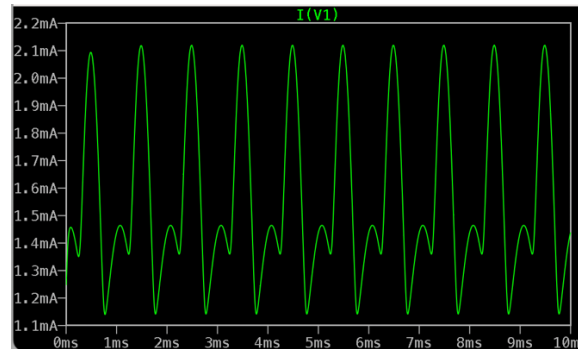


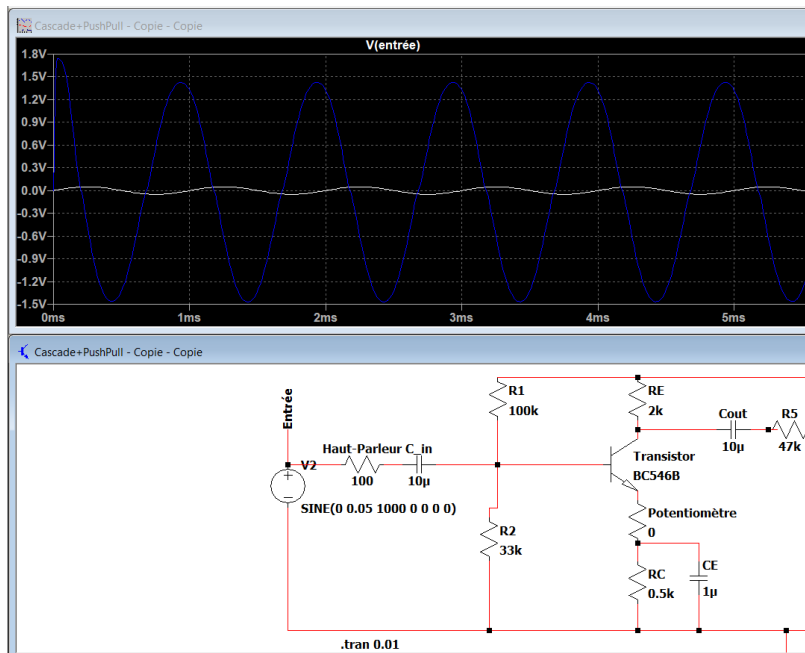
Figure 3 : Courant aux bornes de l'alimentation

La valeur moyenne est la mesure la plus représentative de la consommation d'énergie globale de notre circuit. Ainsi, nous avons :

$$I_{moy} = \frac{2,1 + 1,1}{2} = 1,6mA$$

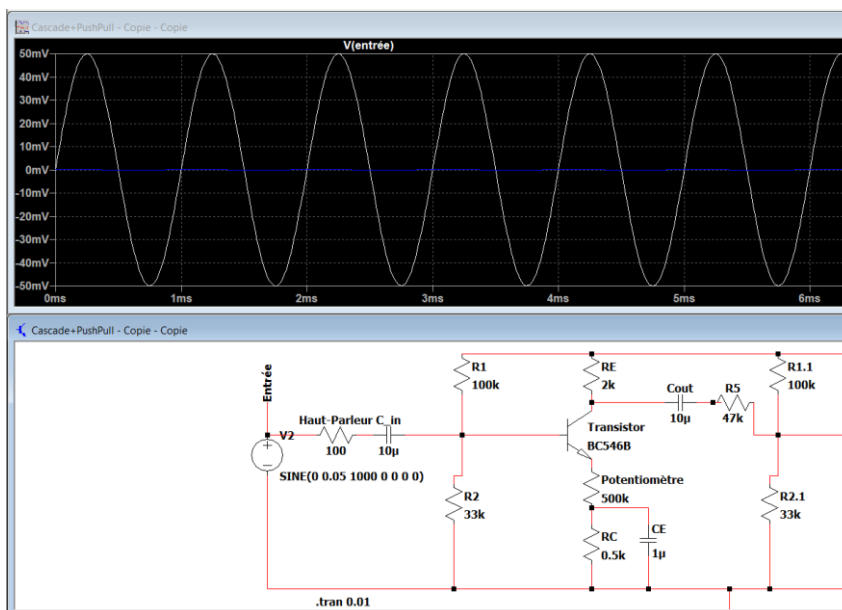
E7 :

Pour savoir où placer le potentiomètre, nous avons étudié la formule du gain au sein d'une unité d'amplificateur émetteur commun : $\xi = \frac{-R_c \beta}{h_{11}}$, nous pouvons donc faire varier la valeur de la résistance RC, mais nous nous sommes rendu compte que si nous mettions une résistance avant le condensateur de l'émetteur, le gain reste maximal dans un sens et minimal dans l'autre.



Le potentiomètre fonctionne en tant que fil, le gain est maximum :

Figure 4-A.1: Influence du potentiomètre



Le potentiomètre fonctionne en tant que résistance de grande valeur, la gain est minimum :

Figure 4-A.2 : Influence du potentiomètre

E8 :

Nous n'avons pas de modèle réel de notre haut-parleur, nous ne pouvons pas vérifier si nous ne l'abîmons pas.

Explication complémentaire :

Ancien modèle :

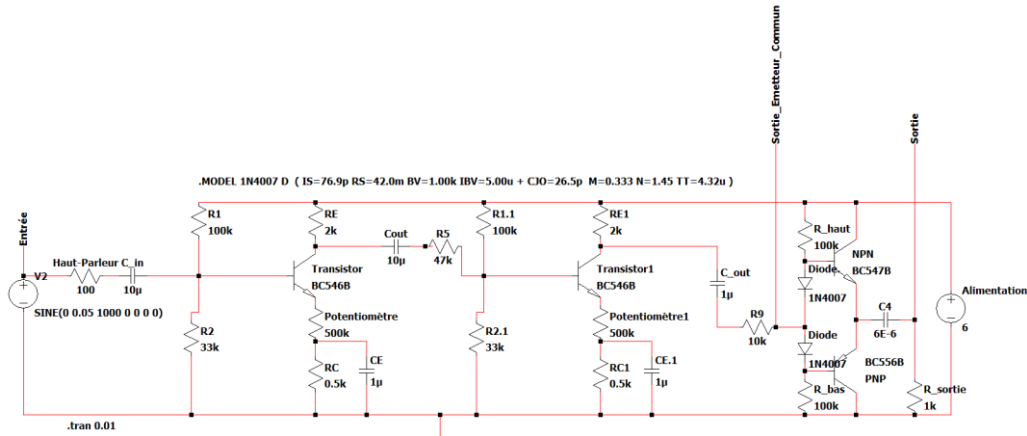


Figure 1-C : Essai d'amplification-circuit obsolète

Voici le montage qui nous permet de simuler l'amplification, les valeurs des résistances et condensateurs sont normalisés. Les transistors font partis des références fournis que nous pouvons utiliser.

Nouveau modèle fonctionnel :

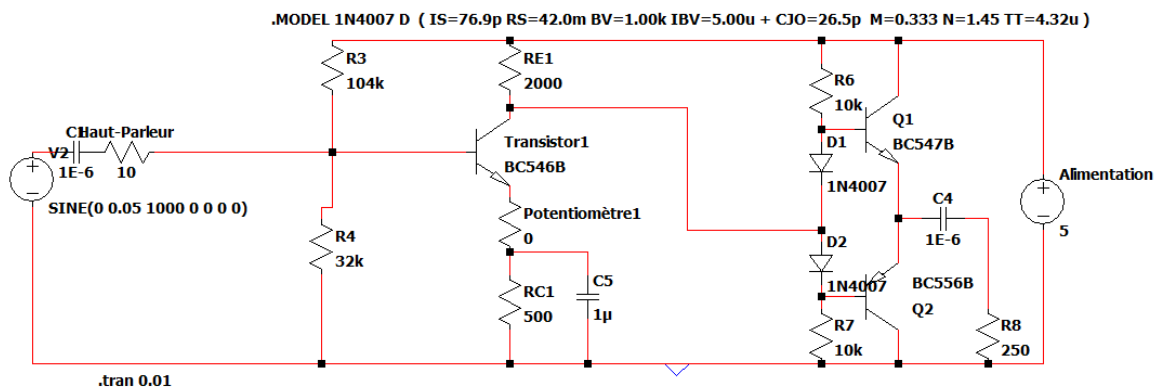


Figure 2-C : Circuit du prototype-Version fonctionnelle

Conclusion :

La deuxième partie de notre projet avait pour objectif de compléter notre prototype avec un circuit amplificateur de classe B (push-pull) de le décrire (polarisation, gains, résistances d'entrée et de sorties) de le simuler tout en confrontant les résultats obtenus avec ceux théoriques. Cette partie du projet particulièrement exigeante car elle a

nécessité une étude approfondie sur le nombre d'étages amplificateur, les composants reliant ces étages, leur conséquences sur les différents gains mesurés et sur la consommation électrique du prototype. Ces investigations nous ont permis d'optimiser à la fois le fonctionnement et l'efficacité énergétique de notre circuit.