

ELECTRONIQUE APPLIQUÉE : 2^{ÈME} SÉANCE DE LABORATOIRE ALIMENTATION STABILISÉE ET AMPLIFICATEUR AUDIO

Assistant Martin SCOHIER

Assistant Jérôme VERSCHEUREN

Assistant Alexandre QUENON

Assistant Grigory POPOV

Assistant Papy NDUNGIDI

Technicien Daniel BINON

Idée Original :

Professeur Fortunato Carlos DUALIBE

Professeur Marc DELHAYE

Service d'Electronique et Microélectronique (SEMi)

2025

Electronique Appliquée : 2^{ème} séance de laboratoire
Étude d'un amplificateur audio

Objectifs de la séance :

- ❖ Comprendre le rôle et le fonctionnement des circuits qui composent un amplificateur audio.
- ❖ Étudier le rôle d'un régulateur de tension dans une alimentation continue.
- ❖ Comparer l'analyse expérimentale avec l'étude analytique et celle par simulation d'un circuit électronique.

Table des matières

1. Circuit d'alimentation	3
1.1. Principe et montage.....	3
1.2. Alimentation non-stabilisée	4
1.3. Alimentation stabilisée	5
2. Circuit d'amplification	6
2.1. Principe et montage.....	6
2.2. Mesures.....	7

Introduction

Pour cette deuxième séance de laboratoire, nous étudierons les circuits qui composent un amplificateur audio. Leur fonctionnement se résume à la multiplication d'un signal faible par un gain élevé, avec le minimum de distorsion. Le signal de sortie est donc la tension d'alimentation modulée par le signal d'entrée. Il nécessite pour cela un circuit d'amplification basé sur le transistor bipolaire mais aussi d'un circuit d'alimentation délivrant une tension stable.

1. Circuit d'alimentation

1.1. Principe et montage

L'alimentation étudiée délivre une tension stabilisée de 12 V à partir d'une prise électrique commune. La chaîne de conversion, montrée à la Figure 1, est décrite ci-dessous :

1. La tension d'entrée est fournie par le réseau électrique. Le signal de tension est alternatif, de fréquence 50 Hz et de tension efficace égale à 230 V_{RMS} . Un transformateur commence par abaisser le niveau de la tension à environ 15 V_{RMS} .
2. Un pont de Graetz (montage de 4 diodes de redressement), effectue le redressement en double alternance de l'onde sinusoïdale.
3. Le condensateur en parallèle du redresseur limite la variation rapide de tension. La tension à ses bornes est ainsi filtrée autour de la valeur moyenne, proche de 18 V. Elle contient cependant une ondulation résiduelle (« Ripple »).
4. Un régulateur actif de tension, comprenant une boucle de régulation, supprime le ripple et stabilise la tension à 12 V.

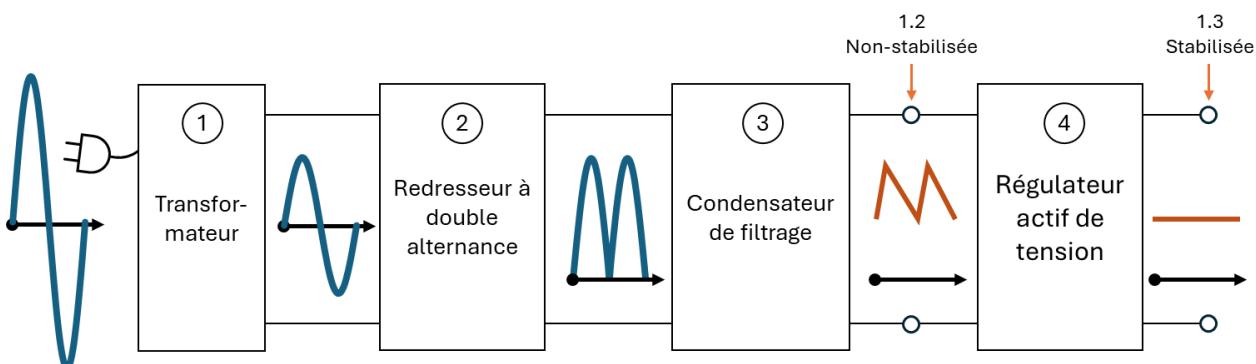


Figure 1 : Chaîne de conversion de l'alimentation continue.

Lorsqu'on la connecte à une charge (ici, la résistance R_{ch}), un courant I circule dans l'alimentation et cause des chutes de tensions aux travers des éléments du circuit. On représente ainsi le circuit équivalent de Thévenin de l'alimentation continue à la Figure 2. La caractéristique externe quant à elle représente l'évolution de la tension délivrée par l'alimentation en fonction du courant débité (voir Figure 3). Nous tenterons de déterminer la caractéristique externe et l'ondulation ripple en sortie de l'alimentation non-stabilisée et stabilisée.

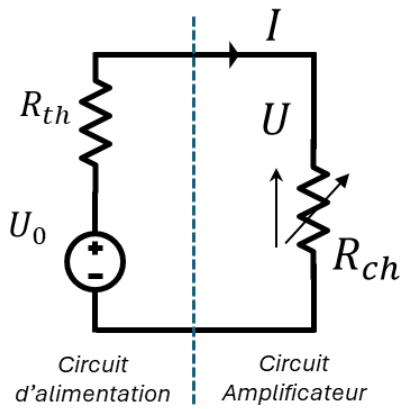


Figure 2 : Circuit équivalent de Thévenin de l'alimentation.

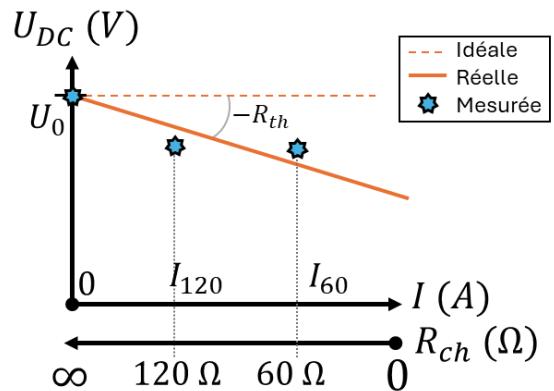


Figure 3 : Caractéristique externe et principe de mesure.

1.2. Alimentation non-stabilisée

Pour cette première partie, considérez la tension de sortie comme celle aux bornes du condensateur. Ne connectez pas encore le circuit de régulation.

□ Effectuez les étapes suivantes :

1. Ouvrez Excel (sur votre PC ou celui de la table) pour le tracé de la caractéristique.
2. Connectez la sortie de l'alimentation non-stabilisée au canal 1 « CH1 » de l'oscilloscope au moyen des fils et des connecteurs de la Breadboard.
3. Connectez une paire de câbles bananes au rhéostat.
4. Afin de ne jamais manipuler le rhéostat lorsqu'il est sous tension, alternez entre sa connexion avec
 - a. Le multimètre, pour définir la valeur de résistance.
 - b. La sortie de l'alimentation, pour effectuer vos mesures.

Attention, évitez tout contact avec la carte électronique dès qu'elle est sous tension ! Manipulez uniquement les appareils de mesure et le rhéostat.

□ Allumez l'oscilloscope et paramétrez le canal 1 « CH1 » en couplage « DC ».

- Mesurez la tension moyenne U_{DC} à vide, avec une résistance de 120Ω puis de 60Ω .
- Calculez le courant moyen I avec la loi d'Ohm.

$R_{ch} (\Omega)$	Coupillage DC		Coupillage AC
	$U_{DC} (V)$	$I (A)$	$Ripple (%)$
∞ (à vide)			
120Ω			
60Ω			

Tableau de mesures pour l'alimentation non-stabilisée.

□ Sur Excel, tracez la caractéristique externe $U = f(I)$. Comme montré à la Figure 3, il faudra trouver par interpolation (outil droite de tendance sur Excel) la droite qui approche au mieux les mesures.

- Déduisez la résistance équivalente de Thévenin.

□ Effectuez de nouveau les mesures à vide, à 120Ω et à 60Ω , avec cette fois-ci, le **couplage de l'oscilloscope en mode « AC »**.

- Relevez l'ondulation crête-à-crête ΔU_{AC} et la fréquence du ripple.

$$Ripple (\%) = \frac{\Delta U_{AC}}{U_{DC}} * 100$$

- Expliquez pourquoi le ripple est lié à la valeur de R_{ch} .

1.3. Alimentation stabilisée

Désormais, observez la tension en aval du régulateur afin de comprendre son effet.

□ Etablissez la connexion entre le condensateur et l'entrée du régulateur, puis effectuez les mêmes mesures qu'au point précédent et remplissez le tableau de mesure ci-dessous.

$R_{ch} (\Omega)$	Couplage DC		Couplage AC
	$U_{DC} (V)$	$I (A)$	$Ripple (\%)$
∞ (à vide)			
120Ω			
60Ω			

Tableau de mesures pour l'alimentation stabilisée.

- Déduisez la résistance équivalente de Thévenin de l'alimentation stabilisée.
- Le régulateur permet de régler les deux désavantages de l'alimentation non-stabilisée, lesquels ?
- Quel est cependant le grand désavantage de ce circuit de régulation ?
Indice : Pensez au bilan de puissance ($P = U \cdot I$)

2. Circuit d'amplification

2.1. Principe et montage

L'amplificateur considéré est un étage amplificateur à émetteur commun utilisant un transistor bipolaire NPN (2N222A). Une fois polarisé, il agit comme un amplificateur de courant entre la base et le collecteur ($I_c = \beta I_B$). En conséquence, une faible variation de la tension à la base induit une grande variation de la tension au collecteur. La tension de sortie appliquée à un matériaux Piézoélectrique déforme ce dernier et génère ainsi une onde acoustique audible, image de la tension d'entrée.

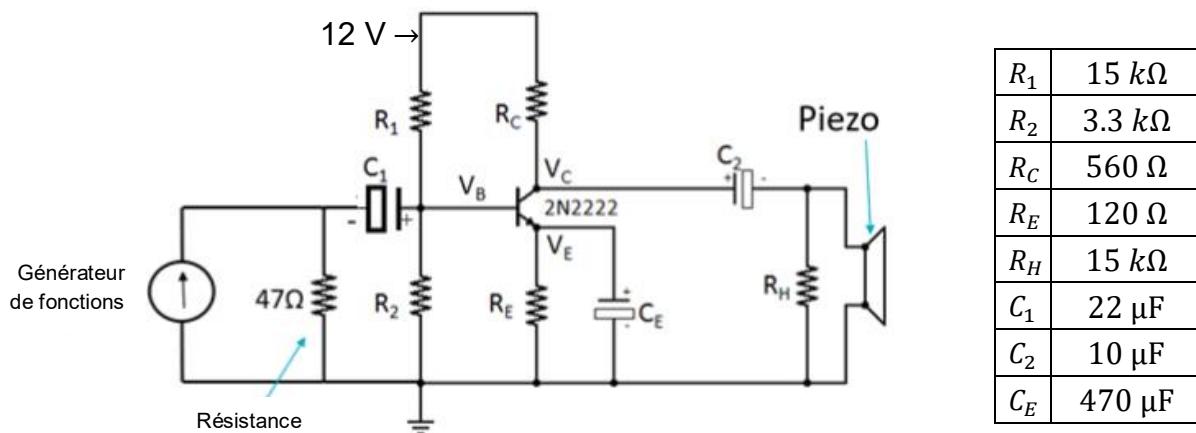


Figure 4 : Circuit de l'amplificateur à émetteur commun.

La polarisation consiste à placer le transistor à un point de fonctionnement autour duquel son comportement électrique est linéaire. Le calcul des résistances n'est pas abordé ici mais est laissé en guise d'exercice. Les condensateurs C_1 et C_2 quant à eux sont dimensionnés de manière à séparer le transistor, polarisé en tension continue, de l'entrée et de la sortie du circuit dans lesquels les signaux sont purement alternatifs.

Cette dépendance du circuit à la fréquence conduit à l'étude de **la réponse en fréquence** de l'amplificateur. L'évolution du gain en fonction de la fréquence est montrée à la Figure 5. La bande passante décrit la gamme de fréquence amplifiée par le circuit. Elle est contenue entre les fréquences de cassures basses et hautes qui surviennent lorsque le gain est amoindri de -3 dB.

- À quel gain linéaire correspond une atténuation de -3 dB ?

$$Gain\ (dB) = 20 \log_{10}\left(\frac{\hat{V}_{out}}{\hat{V}_{in}}\right)$$

- Quel phénomène ou composant est responsable de l'atténuation aux
 - Basses fréquences
 - Hautes fréquences

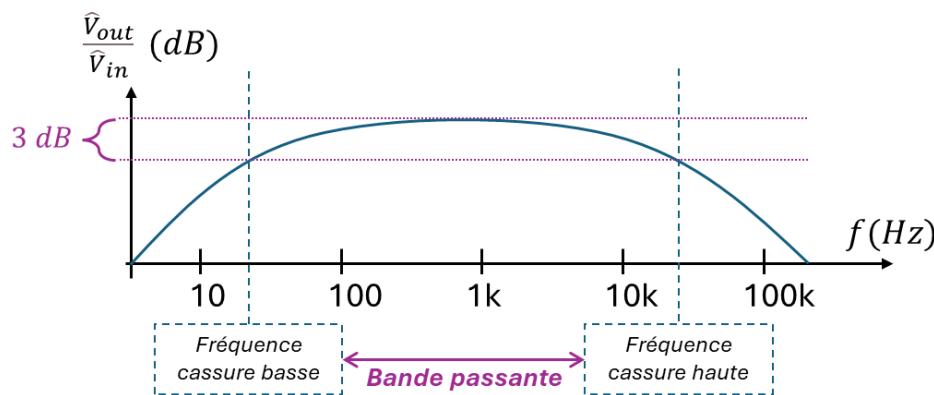


Figure 5 : Réponse en fréquence de l'amplificateur.

2.2. Mesures

Effectuez le montage décrit à la Figure 4 :

Prenez soin de respecter la polarité des condensateurs. La pin proche de la bande de couleur correspond à la tension la plus faible.

1. Identifiez tous les composants.
2. Commencez par placer le transistor au milieu de votre Breadboard, avec l'émetteur vers le bas.
3. Définissez sur votre Breadboard les équipotentielles de la masse, l'alimentation continue 12 V, l'entrée et la sortie de l'amplificateur.
4. Enfin, connectez les éléments uns à uns en veillant à ce qu'ils ne se touchent pas entre eux (hormis à l'intérieur de la Breadboard).
5. Connectez l'alimentation stabilisée et le générateur de fonction, sans les allumer.
6. Faites examiner votre circuit.
7. Alimentez la tension de 12 V. Puis, sur le générateur de fonction, configurez un signal de sinusoïdal à **1kHz**, d'amplitude crête-à-crête de **20 mV**.

Mesurez la tension moyenne à l'émetteur V_E , à la base V_B et au collecteur V_C . Déduez également avec la loi d'Ohm, le courant moyen dans le collecteur.

Branchez la masse de l'oscilloscope à la masse du circuit. Connectez ensuite la sonde 1 sur le signal d'entrée, et la sonde 2 sur le signal de sortie. Mesurez simultanément l'amplitude crête-à-crête des deux tensions afin de déterminer le gain.

- Relevez le gain à 1kHz.
- Balayez la fréquence vers le haut puis le bas, jusqu'à observer la décroissance du gain de -3 dB. Mesurez ainsi les fréquences de cassures basses et hautes.

Electronique Appliquée : 2^{ème} séance de laboratoire
Étude d'un amplificateur audio

- Remplissez le tableau ci-dessous. Tentez de trouver les raisons qui expliquent :
- La différence entre les valeurs calculées et celles simulées.
 - La différence entre la simulation et **les Mesures**.

	Calcul	Simulation	Mesure
V_E (V)	1.2	1.3	
V_B (V)	2.16	2	
V_C (V)	6	6	
I_C (mA)	10	10.8	
Gain à 1 kHz : $\frac{V_{out}}{V_{in}}$	225.7	184	
Fréquence cassure basse (Hz)	20	132	
Fréquence cassure haute (Hz)	20 k	31.6 k	

Tableau comparatif entre les calculs analytiques,
les simulations et les mesures expérimentales.