

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID-TLEMCCEN
Faculté de Technologie

Département de Génie Electrique et Electronique



Projet fin d'études



Filière : **Electronique**

Master : **Académique**

Spécialité : **Instrumentation Electronique**

Thème :

Etude, simulation et réalisation de mini-amplificateurs audio de puissance

Présenté par :

M^{lle} BENALI Fadia

Soutenu en 15/06/2017, devant le jury composé de :

Mr LACHACHI Djamel	MAA à l'Université de Tlemcen	Président
Dr MOULAI KHATIR Nassim	MCB à l'Université de Tlemcen	Examineur
Dr BENABDALLAH Nadia	MCA à l'ESSA-Tlemcen	Encadreur
Dr BENAHMED Nasreddine	Prof à l'Université de Tlemcen	Co-Encadreur

Année Universitaire : 2016 /2017

Remerciements

Avant tout, je remercie ALLAH le tout puissant de m'avoir aidé et de m'avoir donné la volonté de mener à terme ce présent travail de fin d'études.

Je tiens tout d'abord à remercier, mes parents qui m'ont soutenu tout au long de la période de mes études, de m'avoir aidé et de m'avoir guidé vers le droit chemin.

Je tiens à remercier très vivement mon encadreur Mme BENABDALLAH Nadia et mon co-encadreur Mr BENAHMED Nasreddine d'avoir dirigé ce travail.

Je tiens à exprimer mes plus vifs remerciements au président et au membre de Jury, en l'occurrence :

- Mr LACHACHI Djamal pour honneur qu'il m'a fait en acceptant la présidence du Jury.*
- Mr MOULAI KHATIR Nassim pour avoir accepté d'examiner mon modeste travail.*

Et enfin, je remercie toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce projet de fin d'études.

DEDICACE

Je dédier ce mémoire à,

Mes chers parents, que mille dédicaces ne puissent exprimer mes sincères sentiments, pour leur patience illimités, leurs encouragements contenu, leur aide on témoignage de mon profond amour et respect pour leur grands sacrifices.

Mes chers frères Younes, Houssin pour leur grand amour et leur soutien qu'ils trouvent ici l'expression de ma haute gratitude.

A mes chers professeurs en témoignage de fraternité, avec mes souhaits de bonheur de santé et de succès.

Mes très chers amis

Meryem, Manal, Sarra, Nassima, Asmaa, Sarra, qui sans leur encouragement ce travail n'aura jamais vu le jour.

Et à toute ma famille et à tous ceux que j'aime.

Sommaire

Introduction générale	1
-----------------------------	---

Chapitre I : Amplificateur audio de puissance.

Historique	2
I.1 Introduction	2
I.2 Amplificateur de puissance	3
I.2.1 Le fonctionnement d'un amplificateur audio	3
I.2.2 Branchement	5
I.3 Les caractéristiques d amplificateur audio	5
I.3.1 La puissance de sortie	5
I.3.2 Le gain	6
I.3.3 La bande passante	6
I.3.4 Rapport signal à bruit (SNR)	6
I.3.5 L'impédance d'entrée et de sortie	7
I.4. Les différentes classes	7
I.4.1 Rendement	7
I.4.2 Distorsion	9
I.4.3 Amplificateurs linéaires	9
I.4.4 Amplificateur commutés	15
I.5 Conclusion	15

Chapitre II : Acoustique.

II.1 Nature des sons	16
II.1.1 Introduction	16
II.1.2 Phénomène sonore	16
II.1.3 Nature d'un son	16
II.1.4 Longueur d'une onde sonore	17
II.1.5 Analyse du son	18
II.1.6 Intensité acoustique d'une onde sonore	19
II.2 Utilité d'un modèle	19
II.2.1 L'audio dans les systèmes multimédias embarqués	20
II.2.2 Principe de conversion	20
II.2.3 Architectures d'amplifications	21
▪ Folio des amplificateurs audio	22
II.3 Impédances schéma équivalent d'un haut-parleur	22
II.4 Aspect énergétique, ajustement des spécifications de l'amplificateur	23

II.5 Rendement du haut-parleur	24
II.6 Rendement de l'amplificateur audio	24
II.7. Applications d'amplificateur audio	25
II.8 Conclusion	27

Chapitre III : étude pratique.

III.1 Introduction	28
III.2 Alimentation	28
III.3 Présentation des réalisations pratiques	29
III.3.1 Vumètre pour amplificateur audio	29
III.3.2 Mini-amplificateur audio de puissance utilisant le TDA2030	30
III.3.3 Mini-amplificateur audio de puissance utilisant le TDA2003	33
III.3.4 Mini-amplificateur audio de puissance utilisant le TDA7377	35
III.3.5 Mini-amplificateur audio de puissance utilisant le YD1028	37
III.3.6 Mini-préamplificateur audio de puissance utilisant le TD2822	39
III.4 Conclusion	41
Conclusion générale	42

LISTE DES FIGURES

Figure I.1 : Schéma d'un système de sonorisation	3
Figure I.2 : Schéma d'amplificateur audio	4
Figure I.3 : Prise jack 3.5 mm.....	5
Figure I.4 : Schéma jack 3.5mm.....	5
Figure I.5 : Schéma synoptique d'un amplificateur audio de puissance	7
Figure I.6 : Exemple de schéma d'amplificateur en classe A.....	10
Figure I.7 : Exemple de schéma d'amplificateur en classe B.....	11
Figure I.8 : Schéma électrique de l'amplificateur push pull	12
Figure I.9 : Exemple de schéma d'amplificateur en classe C.....	14
Figure I.10 : Zone d'amplification pour les différentes classes	14
Figure II.1 : Formation d'une onde acoustique.	17
Figure II.2 : Haut-parleur générant une onde dans l'air, montrant les zones où la pression est extremum.	18
Figure II.3 : Niveau d'intensité acoustique.....	19
Figure II.4 : Exemple de plateforme regroupant de multiples fonctionnalités d'audio.....	19
Figure II.5 : Répartition de la consommation de puissance électrique.....	20
Figure II.6 : Principe de conversion d'un système audio.....	21
Figure II.8 : Schéma d'un haut-parleur sur écran infini.....	23
Figure II.9 : Principe de conversion et répartition du rendement.....	24
Figure II.11 : Hifi.	26
Figure II.12 : Monitoring.....	27
Figure II.13 : Exemple de casque.....	27
Figure III.1 : Schéma synoptique du fonctionnement des montages réalisée	28
Figure III.2 : Schéma électrique du vumètre sous ISIS.....	29
Figure III.3 : Schéma du circuit imprimé du vumètre sous ARES.....	29
Figure III.4 : Réalisation et test pratique du vumètre que nous avons réalisé pour tous nos mini-amplificateurs audio de puissance.....	30
Figure III.5 : TDA2030 : Boitier Pentawatt horizontal.....	31

Figure III.6 : Schéma électrique de notre mini-amplificateur audio de puissance utilisant le circuit intégré TDA2030 sous ISIS.....	31
Figure III.7 : Schéma du circuit imprimé de notre mini-amplificateur audio de puissance utilisant le circuit intégré TDA2030 sous ARES.....	32
Figure III.8 : Réalisation et test pratique de notre mini-amplificateur audio de puissance utilisant le circuit intégré TDA2030.....	32
Figure III.9 : TDA2000 : Boîtier Pentawatt horizontal.....	31
Figure III.10 : Schéma électrique de notre mini-amplificateur audio de puissance utilisant le circuit intégré TDA2003.....	33
Figure III.11 : Schéma du circuit imprimé de notre mini-amplificateur audio de puissance utilisant le circuit intégré TDA2003 sous ARES.....	34
Figure III.12 : Réalisation pratique de notre mini-amplificateur audio de puissance utilisant le circuit intégré TDA2003.....	34
Figure III.13 : Boîtier du TDA7377.....	35
Figure III.14 : Schéma électrique de notre mini-amplificateur audio de puissance utilisant le circuit intégré TDA7377 sous ISIS.....	35
Figure III.15 : Schéma du circuit imprimé de notre mini-amplificateur audio de puissance utilisant le circuit intégré TDA7377 sous ARES.....	36
Figure III.16 : Réalisation pratique de notre mini-amplificateur audio de puissance utilisant le circuit intégré TDA7377.....	36
Figure III.17 : Schéma interne du CI YD1028 monté en stéréo.....	37
Figure III.18 : Schéma électrique de notre mini-amplificateur audio de puissance utilisant le circuit intégré YD1028 sous ISIS.....	38
Figure III.19 : Schéma du circuit imprimé de notre mini-amplificateur audio de puissance utilisant le circuit intégré YD1028 sous ARES.....	38
Figure III.20 : Réalisation pratique de notre mini-amplificateur audio de puissance utilisant le circuit intégré YD1028.....	38
Figure III.21: Schéma électrique de notre mini-préamplificateur audio utilisant le circuit intégré TDA2822 sous ISIS.....	39

Figure III.22 : Schéma du circuit imprimé du mini-préamplificateur audio utilisant le circuit intégré TDA2822 sous ARES.....	40
Figure III.23 : Réalisation pratique de notre mini-préamplificateur audio utilisant le circuit intégré TDA2822.....	40

Introduction générale

L'électronique utilise un certain nombre de fonctions. L'amplification est l'une d'entre elles. En partant d'un signal de faible amplitude et de faible puissance, nous voulons en obtenir un autre, de même forme, capable de fournir l'énergie nécessaire à une charge quelconque : haut-parleur, etc...

Si on relie directement un microphone sur un haut-parleur de 8 Ohms, on récupère en sortie du microphone un signal de quelques microvolts. Par conséquent, il est nécessaire d'avoir recours à un amplificateur de puissance pour traiter un son.

L'objectif de ce travail de fin d'études est d'étudier, de concevoir, de simuler et de réaliser une panoplie de mini-amplificateurs de faibles dimensions mais ayant de bonnes qualités sonores et de bon rendement énergétique.

Ce mémoire est formé de trois chapitres :

Dans le premier chapitre nous avons vu utile d'étudier les différentes classes d'amplificateurs de puissances : A, B, AB, C et D ainsi que leurs caractéristiques électriques (schéma, rendement...). Les amplificateurs intégrés de la famille TDA sont très utilisés pour la réalisation de mini-amplificateurs où une puissance de quelques watts ou quelques dizaines de watts est nécessaire (demandée). Ces types d'amplificateurs traitent le signal son qui est la base de l'acoustique. Une étude dans ce sens sur l'acoustique, nous l'avons faite dans le deuxième chapitre.

Enfin dans le troisième chapitre nous avons présenté en plus d'un vumètre plusieurs mini-amplificateurs audio de puissances utilisant les circuits intégrés : TDA2030, TDA2003, TDA7773, YD1028 et le TDA2822. Les différents tests pratiques que nous avons appliqués à nos mini-amplificateurs audio de puissance attestent le bon fonctionnement de ces derniers.

CHAPITRE I

Amplificateur audio de puissance.

Historique:

Le premier **amplificateur électronique** fut réalisé en 1906 par l'inventeur américain *Lee De Forest*. En 1908, il perfectionna son invention en lui rajoutant une électrode, donnant ainsi naissance à la première triode. Elle fut vite perfectionnée par l'ajout de deux grilles supplémentaires, palliant certains effets indésirables. Ce tube pentode sera rapidement adopté pour la plupart des amplificateurs à tubes, pour son meilleur rendement.

Les amplificateurs à tubes sont aussi connus sous le nom d'amplificateurs à «lampes», en raison de la forme des tubes et de la lumière qu'ils émettent lorsqu'ils fonctionnent. Depuis le début des années 1960, grâce à l'apparition des premiers transistors de puissance vraiment sûrs et au coût réduit, la majorité des amplificateurs utilise des transistors. On préfère les transistors aux tubes dans la majorité des cas car ils sont plus robustes, fonctionnent à des tensions plus faibles et sont immédiatement opérationnels une fois mis sous tension (*contrairement aux tubes électroniques qui nécessitent une dizaine de secondes de chauffage*).

Les tubes sont toujours utilisés dans des applications spécifiques comme les amplificateurs audio, surtout ceux destinés aux guitares électriques, et les applications de « très » forte puissance ou à haute fréquence comme pour les fours à micro-ondes, le chauffage par radiofréquence industriel, et l'amplification de puissance pour les émetteurs de radio et de télévision.

I.1 Introduction :

L'électronique utilise un certain nombre de fonctions. L'amplification est l'une d'entre elles. En partant d'un signal de faible amplitude et de faible puissance, on veut en obtenir un autre, **de même forme**, capable de fournir l'**énergie** nécessaire à une charge quelconque : moteur, haut-parleur, etc...

Si on relie directement un micro sur un haut-parleur de 8Ω , on récupère en sortie du micro un signal de quelques microvolts ; Il est nécessaire d'avoir recours à un amplificateur de puissance pour émettre un son.

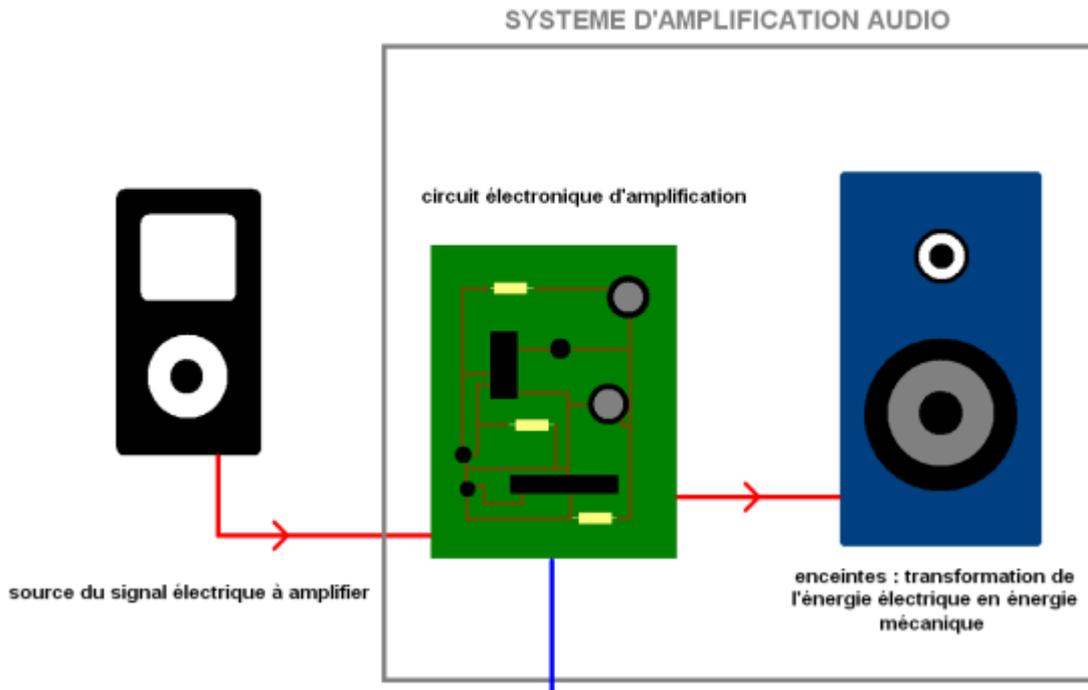


Figure I.1 : Schéma d'un système de sonorisation

I.2 Amplificateur de puissance :

Nous allons mettre en œuvre une amplification pour une écoute téléphonique (audio).

- Au cours de notre développement, nous allons expliquer les étapes de conceptions d'une amplification (son). Notre étude se portera sur deux (2) grandes lignes qui sont :
La pré-amplification : Le 1^{er} étage appelée préamplificateur sert à amplifier variablement la tension venant de la source audio.

- Amplificateur de puissance : Il s'agit de réaliser un amplificateur (son), avec une entrée jack qui permettra d'écouter de la musique sur un support amovible directement comme par exemple un téléphone portable.

I.2.1 Le fonctionnement d'un amplificateur audio :

Un amplificateur audio fonctionne toujours sur le même principe :

- une alimentation est chargée de fournir des **tensions symétriques** en **courant continu**.

- ces courants sont modulés à l'image de l'entrée audio, par les préamplificateurs éventuels, réalisés avec des **transistors**, des lampes ou des **amplificateurs opérationnels**.

Chapitre I : Amplificateur audio de puissance.

❖ Amplification du signal :

Dans cette partie nous allons amplifier le signal d'entrée qui vient d'un support amovible quelconque, donc de faible intensité, afin qu'il puisse être entendu sur des enceintes.

- Choix des composants: TDA2003 ou TDA2030,
- Puissance de sortie: 14W à 40W.
- Les condensateurs secs et polarisés.
- Les résistances.
- Choix des composants : condensateurs de découplages

Les perturbations liées au courant d'alimentation ne sont pas à négliger, c'est pour cela que nous utiliserons des condensateurs, pour pallier ce phénomène.

❖ Qualité du signal : [1]

Il s'agit de filtrer le signal d'entrée afin de réduire au maximum les "bruits" qui pourront parasiter la carte de l'amplificateur audio.

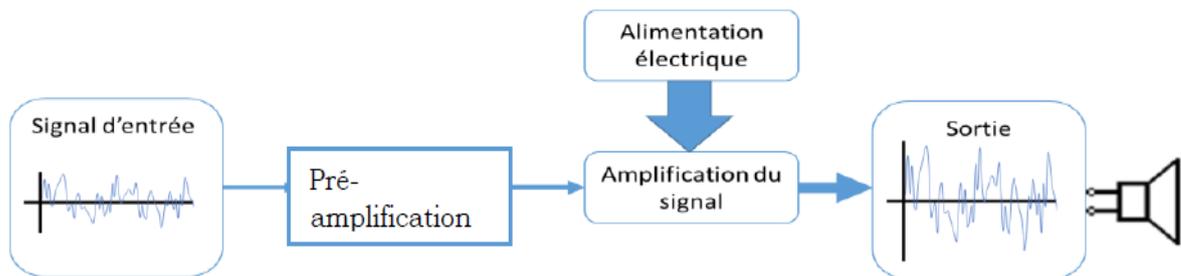


Figure I.2 : Schéma d'amplificateur audio

On peut distinguer plusieurs éléments sur ce schéma :

- Le *signal d'entrée* qui est la source audio que l'on veut amplifier.
- L'étage de *pré-amplification*, qui va changer la nature du signal d'entrée.
- L'étage *d'amplification du signal*, qui est la phase finale de notre projet.
- L'étage *d'alimentation*, qui va permettre à l'étage d'amplification de fonctionner.
- Le *signal de sortie* du montage, qui est directement branché sur un haut-parleur.

I.2.2 Branchement :

Le signal est obtenu par branchement sur prise jack 3.5 mm, qui est beaucoup utilisée en audio :



Figure I.3 : Prise jack 3.5 mm

On utilise un connecteur jack stéréo, car notre amplificateur est stéréo et parce que la majorité des appareils fonctionne en stéréo.

Voici un schéma expliquant comment fonctionne le connecteur jack :

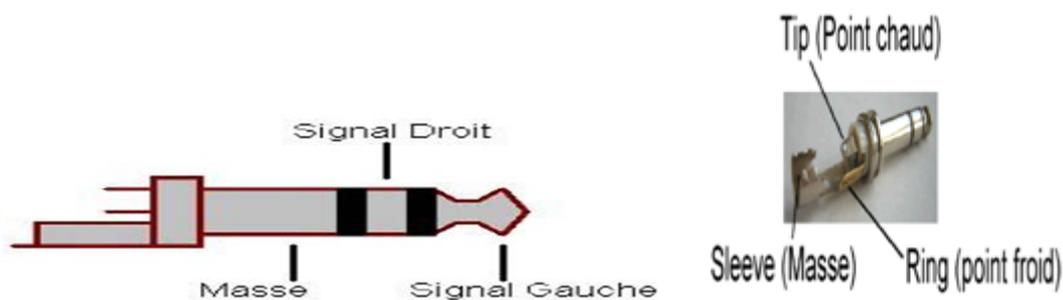


Figure I.4 : Schéma jack 3.5mm

On voit ici que les parties métalliques isolées par les parties en plastique noir correspondent aux deux voies du signal stéréo ainsi qu'à la masse, qui est la référence³ de ces signaux.

Le signal gauche correspond au « point chaud », le signal droit correspond au « point froid » et la masse correspond au « sleeve ».

Il suffit alors de souder les fils correspondants à l'autre extrémité du connecteur.

I.3 Les caractéristiques d'amplificateur audio :

I.3.1 La puissance de sortie :

La puissance de sortie d'un amplificateur indique la puissance maximale que l'amplificateur sait produire sur une résistance ohmique branchée à la sortie.

I.3.2 Le gain : [2]

C'est la différence entre gain en tension ; gain en courant et gain en puissance. L'emploi du décibel et du niveau de référence en tension (Db V) rend très simples les calculs sur les chaîne d'amplification.

Chapitre I : Amplificateur audio de puissance.

Par exemple : en partant du niveau donné par le microphone, on soustrait les pertes, on ajoute les amplifications et on obtient le niveau dans le haut-parleur. On obtient un bilan de a forme suivante :

		Niveau dB V
Microphone		-69
Câble de liaison	Perte 1 dB	-70
Préamplificateur	Gain 30 dB	-40
Commande de timbre	Atténuation 12dB	-52
Amplificateur	Gain 80dB	+28

Ensuite, en connaissant le rendement des haut-parleurs on peut déterminer la puissance acoustique et la pression par unité de surface. De la on trouve le niveau par rapport au seuil d'audibilité ($2 \cdot 10^{-4} \mu\text{bar}$) en Db SI.

I.3.3 La bande passante :

- La bande passante d'un amplificateur est la gamme de fréquence des signaux que peut amplifier l'amplificateur
- La majeure partie des amplificateurs se comportant comme un filtre passe bande actif. Pareille que pour les filtres on peut donc déterminer la bande passante qui est toujours la différence entre la fréquence de coupure supérieure et inférieure. Dans le contexte des amplificateurs on formule la bande passante pourtant souvent en forme de plage de fréquences.
- Pour être de bonne qualité, un amplificateur audio doit pouvoir amplifier une gamme de fréquence comprise entre 20Hz et 20kHz.

I.3.4 Rapport signal à bruit (SNR) :

Le bruit est du au mouvement aléatoire des électrons a l'intérieur des résistances et composant semi-conducteurs.la tension représentant ce bruit se superpose à la tension représentant le signal utile.

$$SNR = \frac{P_{signal}}{P_{noise}}$$

$$SNR_{db} = 10 \cdot \log\left(\frac{P_{signal}}{P_{noise}}\right) = 20 \cdot \log\left(\frac{U_{signal}}{U_{noise}}\right) \quad \square$$

Chapitre I : Amplificateur audio de puissance.

I.3.5 L'impédance d'entrée et de sortie :

. L'impédance se comporte à l'entrée comme une charge et à la sortie comme une source ; on veut que l'impédance d'entrée soit grande pour ne pas trop charger la source du signal audio. Dans la pratique on trouvera des valeurs dans l'ordre de grandeur de $50K\Omega$.

. Une petite impédance de sortie évite une grande chute de la tension de sortie en cas de chargement. En même temps elle permet un grand courant de sortie et donc une grande puissance de sortie. Les amplificateurs de puissance audio auront des résistances de sortie dans l'ordre de grandeur de 0.5Ω

I.4. Les différentes classes d'amplification :

On classe les amplificateurs en fonction de l'**angle de conduction** des transistors. Les caractéristiques essentielles sont le rendement et la distorsion.

I.4.1 Rendement :

Il caractérise la capacité de l'amplificateur à fournir à la charge toute la puissance qu'il reçoit.

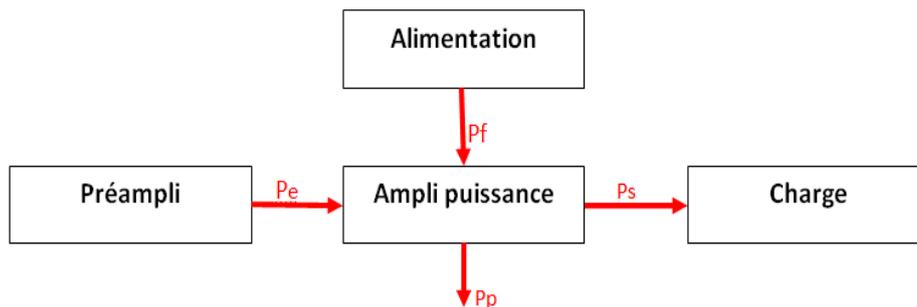


Figure I.5 : Schéma synoptique d'un amplificateur audio de puissance

Où :

Pf : puissance fournie par l'alimentation : $P_f = V_{cc} \cdot i_a(t)$

Ps : puissance restituée en sortie de l'amplificateur : $P_s = \frac{U_s^2}{R}$ $P_s = U_s \cdot I_s$ $P_s = R \cdot I_s^2$

Pe : Puissance reçue à l'entrée de l'amplificateur de puissance

Pp : puissance perdue par échauffement dans les composants (effet joule).

Chapitre I : Amplificateur audio de puissance.

Un **préamplificateur** : Est un amplificateur électronique qui reçoit et adapte un signal avant de le transmettre à l'amplificateur principal.

Les faibles signaux sont très sensibles au bruit. Un préamplificateur de faible qualité entraînera donc une chute significative du rapport signal-bruit, en d'autres termes une baisse de la qualité du signal.

Un préamplificateur joue le rôle de premier étage d'amplification situé au plus près de la source de signal. C'est lui qui est le garant d'un bon rapport en sortie du système puisqu'il doit réussir à extraire un très faible signal électrique. Grâce à sa proximité à la source du signal, il permet de limiter les dégradations de celui-ci par des interférences parasites ou par son atténuation lors du transport.

Les préamplificateurs se rencontrent donc dans toutes les applications où l'on désire mesurer électriquement un signal physique en aval d'un transducteur quelconque :

- ✓ applications audio : microphones, électrophone,
- ✓ applications radiofréquences : antennes,
- ✓ autres applications : photo détecteurs, détecteurs infrarouge, instruments scientifiques, etc.

En plus de la fonction d'amplification bas bruit, le préamplificateur peut incorporer des fonctions de traitement de signal simple : filtrage fréquentiel, correction de tonalité ou compression par exemple.

Un **amplificateur de puissance** : est un amplificateur électronique pour amplifier un signal électrique audio afin d'obtenir une puissance suffisante pour faire fonctionner un haut-parleur situé dans une enceinte acoustique ou un casque audio.

La source peut être un dispositif d'enregistrement ou de reproduction.

On peut concevoir un préamplificateur avec le montage :

a- Emetteur commun

b- Base commune etc...

On classe les amplificateurs suivants leurs fréquences d'utilisation et suivant leurs classes de fonctionnement. On parle notamment :

- Amplificateur continu (TBF) : sortie des générateurs de fonctions amplificateur pilotant les MCC.

Chapitre I : Amplificateur audio de puissance.

- Amplificateur audiofréquence ($f < 20$ kHz) : amplificateur des signaux audibles.
- Amplificateur radiofréquence ($f > 30$ kHz) : amplificateur FI (à fréquence intermédiaire).
- Amplificateur vidéofréquence ($f < \text{qq MHz}$) : TV, radar.

On distingue aussi plusieurs classes de fonctionnement des amplificateurs de puissance suivant leur rendement et leur taux de distorsion.

I.4.2 Distorsion :

On fait une déformation du signal de sortie par rapport au signal d'entrée de l'amplificateur. Ce phénomène est dû à la bande passante de l'amplificateur. Elle caractérise la capacité de l'amplificateur à produire une amplification linéaire (pas de présence d'harmoniques non désirés en sortie).

$$d = \frac{\sqrt{A_2^2 + A_3^2 + A_4^2 + \dots + A_n^2}}{A_1}$$

Avant l'apparition des amplificateurs commutés, les amplificateurs linéaires étaient les seuls dispositifs électroniques capables d'amplifier un signal audio. Ils sont encore très utilisés dans de nombreuses applications dont la téléphonie mobile grâce à leur très bonne linéarité donnant lieu à une reproduction sonore de qualité.

Il existe des familles d'amplificateurs répertoriés par classe comme :

- Amplificateurs linéaires : classe A, B, AB, C
- Amplificateurs commutés : classe D, E, F

I.4.3 Amplificateurs linéaires :

❖ Classe A :

- Les composants actifs conduisant pendant toute la période du signal d'entrée. On observe très peu de distorsion, mais un très faible rendement de l'ordre de 25% utilisés en audiofréquence pour avoir de haute-fidélité.

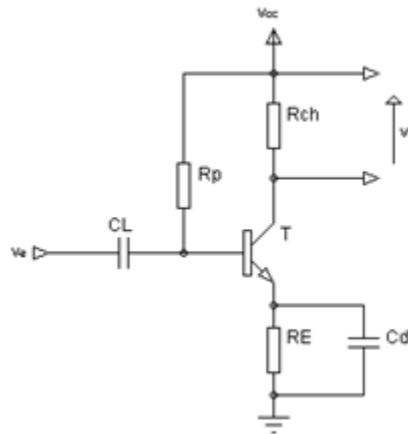
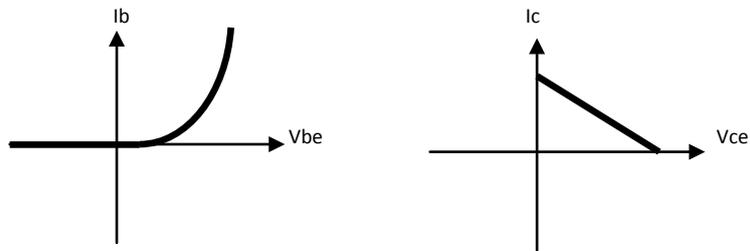


Figure I.6 : Exemple de schéma d'amplificateur en classe A.

-On polarise le transistor au milieu de sa droite de charge.



Avantages :

- ▶ Faible distorsion en sortie
- ▶ 1 seul transistor

Inconvénients :

- ▶ Mauvais rendement qui dépend du type de liaison avec la charge
 - $\eta \approx 25\%$ pour une liaison directe
 - $\eta \leq 25\%$ pour une liaison capacitive
 - $\eta \approx 50\%$ pour une liaison par transformateur
- ▶ Faible puissance ($< 1W$)
- ▶ Consomme au repos (polarisation)

❖ Classe B :

- Les composants actifs conduisent durant une demi-période du signal d'entrée. Le rendement est correct (maximum 78,5%) mais il y'a de la distorsion très utilisé en électronique.

Chapitre I : Amplificateur audio de puissance.

- On polarise le transistor à la limite de conduction ($I_b=0$). Ceci impose la présence d'un deuxième transistor pour récupérer le signal complet.

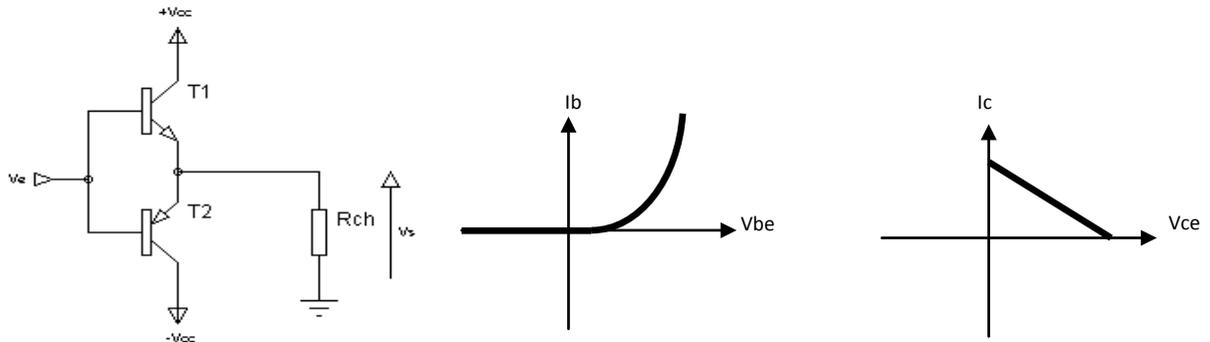


Figure I.7 : Exemple de schéma d'amplificateur en classe B

Avantages :

- ▶ $\eta_{\text{max}} \approx 75\%$
- ▶ Pas de consommation au repos

Inconvénients :

- ▶ Raccordement imparfait \rightarrow distorsion important
- ▶ Nécessité d'un montage symétrique

❖ Classe AB :

- Afin de diminuer la distorsion de sortie, on polarise chaque transistor au début de la partie à peu près linéaire de la caractéristique.

- Il s'agit d'une sorte de combinaison du classe A et classe B. Un amplificateur fonctionne en mode classe A grâce à un courant de polarisation minimum et dès que les tensions des signaux augmentent, ils passent progressivement en classe B, il est dit à fonctionner en classe AB. La plupart des amplificateurs sont dans cette catégorie (sono, instruments de musique, sortie casques) car ils opèrent dans deux classes. En classe AB et B, l'amplificateur est plus lent qu'en classe A, car il y a un laps de temps entre l'application du signal à l'entrée et l'activation du dispositif pour produire une circulation de courant aux haut-parleurs. Cependant, les classe AB et classe B sont plus efficaces que la classe A et ne nécessitent pas d'alimentations de grande taille.

Montage Push-pull :

Les amplificateurs de type push-pull sont rencontrés en basses et moyennes fréquences. De par leur fonctionnement, ces amplificateurs sont de classes AB.

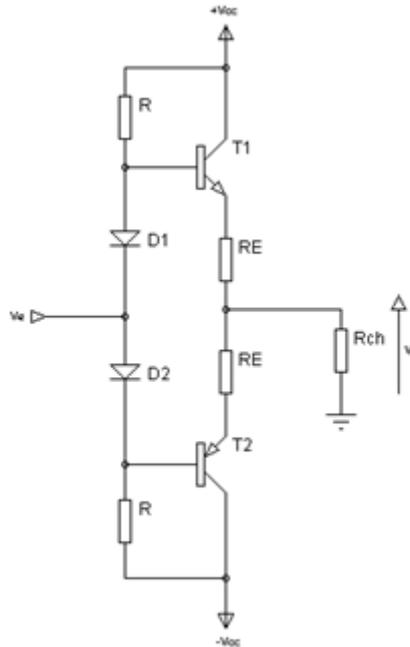


Figure I.8 : Schéma électrique de l'amplificateur push pull

- ▶ La polarisation en début de la droite de charge s'effectue à l'aide des diodes **D1** et **D2**.
- ▶ La valeur des résistances **R** est fixée à partir de la dynamique maximale de sortie souhaitée lorsqu'une des deux diodes est bloquée.

$$V_{S_{\max}} = (V_{cc} - V_{be}) \cdot \frac{\beta \cdot R_{ch}}{R + \beta \cdot R_{ch}}$$

- ▶ Pour que V_s soit le plus grand possible, il faut R petit devant R_{ch} .
- ▶ Si I_c est trop important alors la puissance dissipée dans le transistor augmente. Ainsi, la température du transistor augmente ce qui entraîne une diminution de V_{be} . Si V_d reste constant alors I_d augmente et I_c aussi Il y a un **emballement thermique** qui conduit à destruction du transistor. Les résistances R_E servent à éviter cet emballement, on limite I_c grâce à **R_E** . Il faut R_E petit face à R_{ch} .

Bilan des puissances :

$$\blacktriangleright P_f = P_{+V_{cc}} + P_{-V_{cc}} = 2 \cdot P_{V_{cc}}$$

$$\blacktriangleright P_{V_{cc}} = \frac{1}{T} \int_0^T V_{cc} \cdot i(t) dt = \frac{V_{cc}}{T} \int_0^T I_{\max} \cdot \sin(\omega t) dt = \frac{V_{cc} \cdot I_{\max}}{\pi} \text{ avec } I_{\max} = \frac{V_{S_{\max}}}{R_{ch}}$$

$$\blacktriangleright \boxed{P_f = \frac{2 \cdot V_{cc} \cdot V_{S_{\max}}}{\pi \cdot R_{ch}}}$$

$$\blacktriangleright P_S = \frac{V_{S_{\text{eff}}}^2}{R_{ch}} = \frac{\left(\frac{V_{S_{\max}}}{\sqrt{2}}\right)^2}{R_{ch}} = \frac{V_{S_{\max}}^2}{2R_{ch}}$$

$$\blacktriangleright \boxed{P_S = \frac{V_{S_{\max}}^2}{2R_{ch}}}$$

D'où un rendement de :

$$\blacktriangleright \boxed{\eta = \frac{P_S}{P_f} = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{V_{S_{\max}}}{V_{cc}}}$$

On obtient un rendement maximum pour $V_{S_{\max}} = V_{cc}$:

$$\blacktriangleright \boxed{\eta = \frac{\pi}{4} \approx 78\%}$$

Attaque des amplificateurs Push-pull :

Comme les deux transistors travaillent l'un après l'autre, on peut décomposer le schéma en 2 collecteurs communs. Le gain en tension de l'étage d'amplification est donc sensiblement égal à 1.

En pratique, l'étage push-pull de sortie est pilotée par un autre étage préamplificateur afin d'obtenir une amplification plus.

On rencontre couramment deux solutions :

- un amplificateur linéaire intégré
- un montage émetteur commun

Chapitre I : Amplificateur audio de puissance.

❖ Classe C :

- Les composants actifs conduisant durant moins d'une demi-période du signal d'entrée. Peu utilisé mais très rentable.
- On amplifie seulement une partie du $\frac{1}{2}$ cycle ($I_b < 0$)

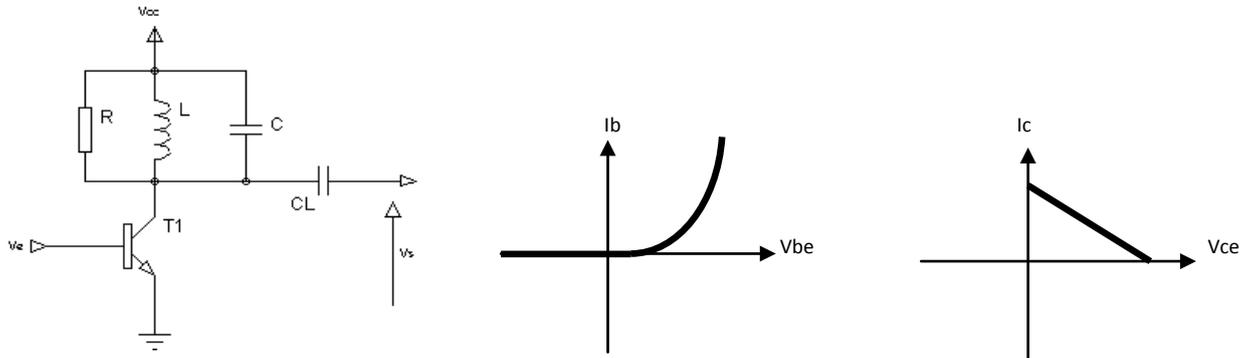


Figure I.9 : Exemple de schéma d'amplificateur en classe C

Avantage :

- ▶ Le rendement est très important (entre 90 et 99%)

Inconvénients :

- ▶ Distorsion importante
- ▶ Nécessité d'un filtre de sortie pour retrouver le fondamentale
- ▶ Une seule fréquence d'amplification.

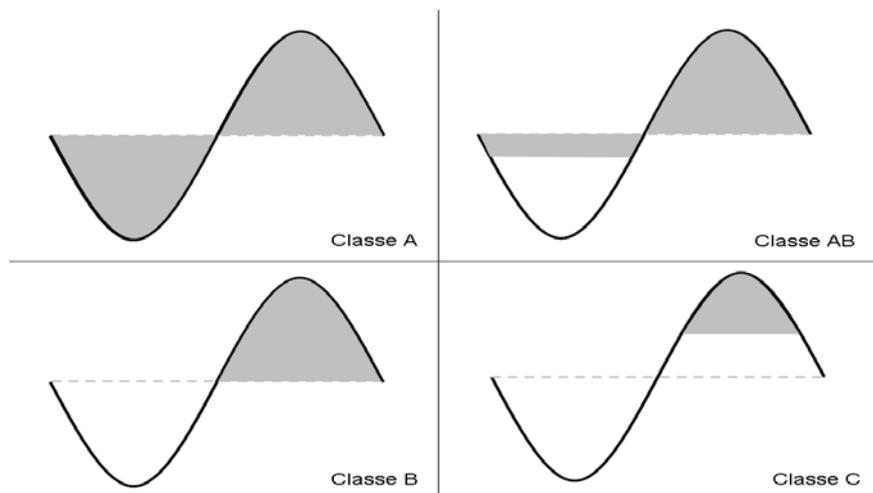


Figure I.10 : Zone d'amplification pour les différentes classes

I. 4.4 Amplificateur commutés :

❖ Classe D [3]:

Le principal avantage de l'amplificateur de classe D est donc son rendement élevé, de plus en plus nécessaire dans les applications embarquées. Il permet de limiter la demande en courant sur la batterie et de gagner en autonomie d'écoute et de fonctionnement. De plus, les faibles pertes thermiques permettent l'intégration de l'amplificateur commuté pour des applications de forte puissance car il nécessite une faible surface de dissipation.

✓ Performances électriques

- Rendement pleine puissance supérieur à $\eta = 85\%$,
- Consommation statique sans signal $I_0 < 1\text{mA}$ par voie, charge connectée,
- Surface silicium totale occupée inférieure à 1mm^2 , par voie, étage de puissance inclus
- Puissance efficace maximale fournie à la charge égale à 0.7W sous 3.6V d'alimentation, et de 1W sous 5V d'alimentation, mesuré à 1% de THD,
- Offset en sortie inférieure à 5mV ,

✓ Performances audio

- Distorsion harmonique inférieure à 0.1% (soit supérieure à 60dB), pour un signal pleine échelle à 6kHz (pire cas),
- Immunité aux variations d'alimentations, quantifiée pour un signal carré de fréquence 217Hz et d'amplitude 300mVpp avec signal d'entrée pleine échelle à 1kHz
- 13,
- Niveau de bruit en sortie inférieur à $30\mu\text{V}$
- Rapport signal à bruit, pondéré par un filtre, supérieur à $\text{SNRA} = 90\text{Db}$

I.5 Conclusion :

Le rôle de l'amplificateur est d'augmenter le niveau de puissance du signal sans déformation de l'enveloppe (linéarité) et avec un rendement de puissance élevé. Les techniques de caractérisation des effets non-linéaires de l'amplificateur, de même que les métriques utilisées généralement pour quantifier la linéarité de l'amplificateur, ont été introduites. La caractérisation de l'amplificateur a permis de mettre en évidence les phénomènes non-linéaires dynamiques appelés effets mémoire. Dans le sillage de la caractérisation nous avons présenté les principales techniques associées à

Chapitre I : Amplificateur audio de puissance.

l'amplificateur en général, dans la poursuite, à la fois d'une plus grande linéarité et d'un meilleur rendement de l'amplification. La modélisation de systèmes complexes non-linéaires tels que l'amplificateur de puissance est une étape incontournable dans la conception des émetteurs radios, afin d'anticiper leur comportement lorsqu'ils sont soumis à des signaux modulés complexes.

CHAPITRE II

L'acoustique.

II.1 Nature des sons

II.1.1 Introduction :

L'acoustique physique étudie les phénomènes sonores et donc le son n'est pas attaché uniquement aux phénomènes aériens responsables de notre sensation auditive, mais aussi à tous les autres phénomènes qui sont gouvernés par les mêmes lois physiques.

Aujourd'hui, les systèmes embarqués grand public intègrent de nombreuses fonctions, comme des applications audio et vidéo performantes, des services de communication sans fil ou des interfaces utilisateurs conviviales. Avec l'augmentation de la complexité de ces objets nomades, les concepteurs se trouvent face à un double défi : une forte intégration et une augmentation de l'autonomie.

II.1.2 Phénomène sonore [4] :

La production et la propagation des sons sont liées à l'existence d'un mouvement vibratoire. À la source, le milieu est déformé (par un choc, une compression, ...etc.) et par suite de son élasticité, la déformation gagne les molécules voisines qui dérangées de leur position d'équilibre agissent à leur tour de proche en proche ; le phénomène se produit sans transport de matière.

II.1.3 Nature d'un son :

Le son est une vibration acoustique qui se transmet depuis une source, jusqu'à un récepteur (l'oreille ou un micro) engendrant ainsi une sensation auditive ou un signal sonore électrique.

Dans l'air, la vibration des molécules se transmet de proche en proche depuis la source jusqu'à l'organe de réception qui peut être un appareil de mesure ou l'oreille humaine. Le son est caractérisé par son niveau et sa fréquence.



Chapitre II : Acoustique.

Le son se définit principalement selon deux paramètres, soit la **fréquence** (ou la hauteur) et l'**intensité** (volume sonore).

L'**intensité** fait référence à la force du son. On mesure l'intensité d'un son en décibels (dB). Les résultats peuvent varier de 0 dB à 194 dB. Un son qui atteint l'intensité maximale soit 194 dB, peut affecter le sens auditif.

La **fréquence** fait référence au ton du son. On mesure la fréquence en Hertz (Hz). L'être humain peut percevoir les fréquences comprises entre 20 Hz et 18 000 Hz. Pour leur part, les animaux perçoivent des fréquences au-delà de ce que l'humain peut entendre.

II.1.4 Longueur d'une onde sonore [5] :

La propagation d'une onde acoustique correspond à un déplacement longitudinal des zones comprimées et dilatées et par la pression qui provient de la compression et de la décompression du milieu dans lequel le son se propage

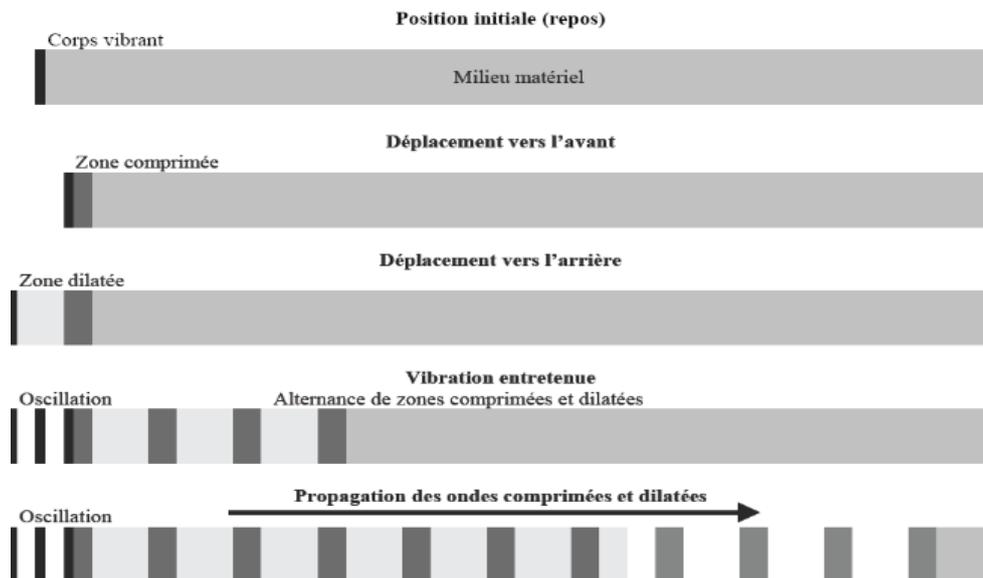


Figure II.1 : Formation d'une onde acoustique.

Une onde acoustique sera caractérisée d'abord par [6] :

- ✓ son amplitude qui sera mesurée en Pascal (Pa). On distingue ainsi les sons de forte amplitude des sons de petite amplitude.
- ✓ La fréquence est le nombre d'oscillations par seconde, elle est exprimée en Hertz (Hz).

Chapitre II : Acoustique.

La longueur d'onde notée (λ) est cette distance s'exprime en mètre (m). Nous avons différentes relations, ainsi la période (T) est reliée à la fréquence de l'onde $f = \frac{1}{T}$. La longueur d'onde est donnée par $\lambda = \frac{c}{f}$ et le nombre d'onde est $k = \frac{2\pi}{\lambda}$.

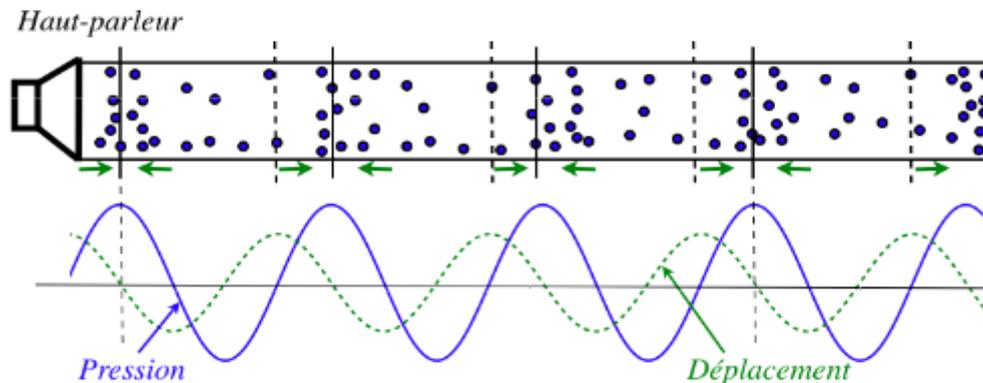


Figure II.2 : Haut-parleur générant une onde dans l'air, montrant les zones où la pression est extrême.

II.1.5 Analyse du son :

On distingue plusieurs types de son :

- Le **son pur** qui correspond à un signal sinusoïdal
- Le **son musical**, plus complexe c'est la somme de plusieurs signaux sinusoïdaux.

L'impression auditive nous permet d'apprécier des qualités physiologiques des sons, chacune rattachée à une grandeur physique mesurable.

L'oreille est sensible aux 3 paramètres suivants du son:

- ✓ Le niveau de pression acoustique ou niveau sonore
- ✓ Hauteur : La caractéristique qui permet de dire si un son est **aigu** ou **grave**
On associe à la hauteur d'un son la **fréquence** de son mode de vibration fondamental, exprimée en **Hertz** (symbole : Hz). Lorsque les sons se succèdent ou se superposent, l'oreille est sensible au rapport de leur hauteur.
- ✓ Le timbre : Distinction entre des sons émis par des sources différentes, son d'une même note (même fréquence fondamentale), mais émis par deux instruments différents n'est pas perçu de la même façon par l'oreille. On dit alors que ces deux sons n'ont pas le même **timbre**.

II.1.6 Intensité acoustique d'une onde sonore :

Une source sonore met en mouvement de vibration l'air situé dans son voisinage. La source se caractérise par sa puissance acoustique (notée W).

L'énergie de l'onde acoustique produite est caractérisée par l'intensité acoustique. (Notée I unité W/m^2).

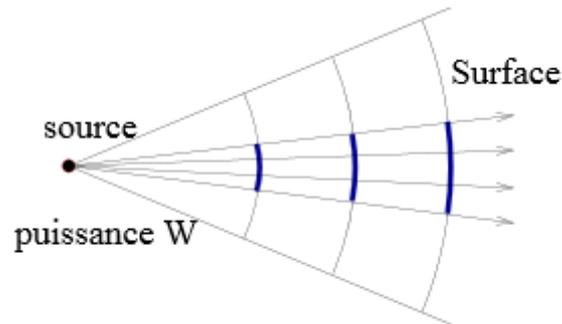


Figure II.3 : Niveau d'intensité acoustique.

$$I = \frac{W}{S} = \frac{W}{4\pi r^2}$$

Le niveau d'intensité acoustique permet de prendre en compte la variation de la sensation auditive avec l'intensité. Il se définit comme : $L_i = 10 \log (I / 10^{-12})$

II.2 Utilité d'un modèle :

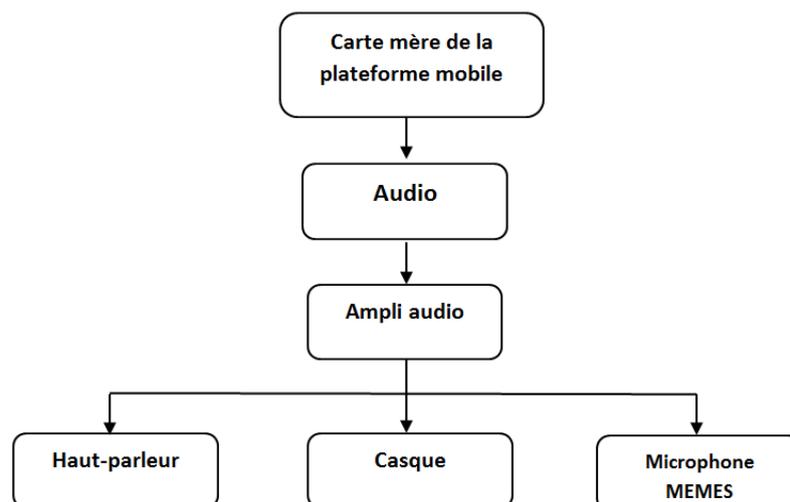


Figure II.4 : Exemple de plateforme regroupant de multiples fonctionnalités d'audio.

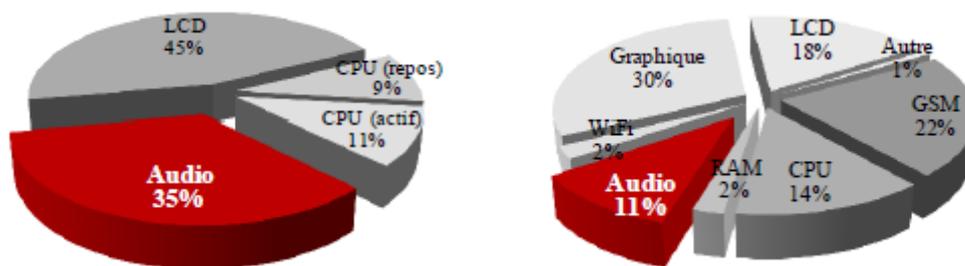
La figure II.4 présente un exemple de plateforme d'un système embarqué grand public qui intègre de nombreuses fonctionnalités tel que des applications vidéo, photo et audio performantes. Une forte intégration et une augmentation de l'autonomie sont les paramètres clés à prendre en considération.

II.2.1 L'audio dans les systèmes multimédias embarqués :

La chaîne de reproduction sonore, dans les applications audio représente jusqu'à un tiers de la consommation globale comme présenté même au repos, la partie audio utilise de l'énergie : d'après la figure II.5 environ 10% de l'énergie est consommée par la partie audio dans un Smartphone.

En effet, chaque partie du dispositif (amplificateur) est optimisée sans tenir compte de la chaîne audio dans sa globalité. Différentes applications audio peuvent également cohabiter dans un même système en ayant différentes contraintes. Par exemple, dans un téléphone cellulaire on retrouve les applications suivantes :

- applications vibrantes (8, 1 W, qualité audio basse).
- écoute (8, 1 W, bonne qualité audio).
- mains-libres (8, 1 – 3 W, qualité audio moyenne).
- casque (32, 20 mW), très bonne qualité audio).



Téléphone portable utilisé comme lecteur MP3 Smartphone au repos sur un cycle de batterie

Figure II.5 : Répartition de la consommation de puissance électrique.

II.2.2 Principe de conversion :

La chaîne de reproduction sonore peut être considérée comme un convertisseur d'énergie qui convertit une énergie électrique en énergie mécanique puis en

ondeacoustique. Le schéma présent une chaîne de reproduction sonore est représenté une source d'énergie et un fichier audio (le signal transmettre).

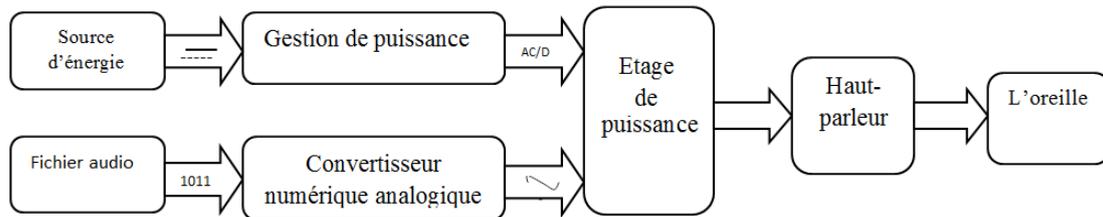


Figure II.6 : Principe de conversion d'un système audio

Pour entendre un son, l'oreille humaine doit percevoir une variation de pression d'air. Cette pression d'air est obtenue grâce à un transducteur électro-mécano-acoustique (un haut-parleur). Ce dernier convertit une énergie électrique fournie par un amplificateur audio en onde acoustique. La conversion s'effectue en deux étapes :

- une conversion électromécanique : conversion de l'énergie électrique en force mécanique.
- une conversion mécano-acoustique : membrane qui, sous l'action de la force générée se déplace pour générer une variation de pression d'air.

En amont du transducteur se trouve l'amplificateur audio, et les quatre principaux blocs qui le composent sont :

- la gestion de la puissance : convertit et répartit l'énergie provenant de la source.

II.2.3 Architectures d'amplifications :

Le signal avant être transmis au transducteur électroacoustique, passe par un amplificateur.

Le rôle de l'amplificateur est d'augmenter l'effet d'un courant selon les signaux qu'il reçoit.

Les amplificateurs audio linéaires ont longtemps été les seules solutions électroniques permettant d'amplifier un signal audio avant l'apparition des amplificateurs à commutation.

Ces amplificateurs linéaires sont toujours très utilisés dans les applications mobiles grâce à leur très bonne qualité de reproduction sonore. Néanmoins, pour des raisons d'efficacité, énergétique, les amplificateurs à commutation sont de plus en plus présents dans de nombreuses applications dont la téléphonie mobile. Les amplificateurs hybrides sont plus rarement utilisés car plus complexes à développer mais il n'est pas rare d'en trouver pour les applications de type casque.

▪ Folio des amplificateurs audio [7]

Sur le marché actuel des amplificateurs audio, on retrouve deux applications distinctes d'amplificateurs pour nos systèmes : les applications « casque » (*Head phone Amplifier*) et les applications « mains-libres » (*Audio Power Amplifier*). Les arguments souvent mis en avant sont :

- dédié à de hautes performances audio.
- amplificateur à faible dissipation de puissance.
- convertisseur DC/DC (abaisseur de tension) à haut rendement.
- possibilité de suppression des bruits parasites (« *Common-mode sens pin* »).
- conception de la chaîne d'amplification pour atteindre des niveaux de PSRR et de SNR incomparables.
- assure une stabilité sur une large gamme de charges capacitives.
- possède un mode repos contrôlable, permettant de réduire le courant d'alimentation.
- conçu avec un circuit de réduction du « pop » lors de la mise sous tension permettant une atténuation du bruit au démarrage.

II.3 Impédances schéma équivalent d'un haut-parleur :

Nous observons la réponse en fréquence de l'impédance Z d'un haut-parleur.

En mesurant le module $|Z|$ et la phase, ϕ , de l'impédance d'un micro-speaker, il en résulte que la réponse est non linéaire. L'exemple présente clairement une forte augmentation du $|Z|$ autour de 500 Hz, puis une zone entre 800 Hz–10 kHz où la valeur du $|Z|$ est constante

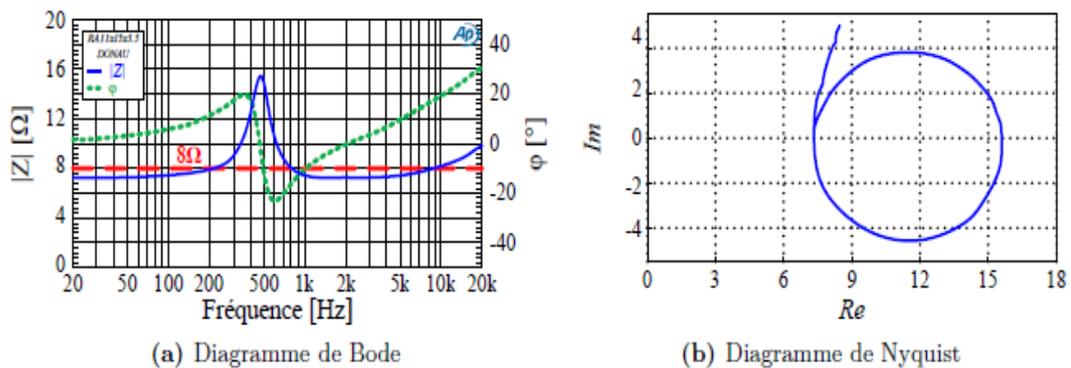


Figure II.7 : Mesure d'impédance de micro-haut-parleur.

Nous avons présenté dans ce schéma un haut-parleur électrodynamique sur *écran infini*. Le modèle se compose d'une partie électrique de la conversion électrodynamique d'une partie mécanique de la conversion mécano-acoustique et des

impédances de rayonnement acoustique, avec comme hypothèse qu'il n'y ait pas de pertes fer dans la bobine et que le haut-parleur fonctionne en mode piston (vitesse radiale identique en tout point de la surface émissive, masse idéale, complaisance idéale, etc.)

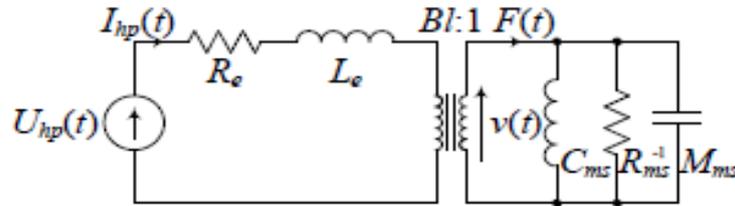


Figure II.8 : Schéma d'un haut-parleur sur écran infini

La partie électrique du haut-parleur est représentée par :

- R_e : Résistance équivalente aux pertes dans le moteur
- L_e : Inductance propre de la bobine

Ces éléments sont en série et sont considérés comme dépendant de la fréquence du signal $U_{hp}(t)$.

II.4 Aspect énergétique, ajustement des spécifications de l'amplificateur :

Durant ces dernières années l'augmentation des systèmes étant de plus en plus complexes grâce au défi principal pour la partie consacrée à l'audio réside dans l'amélioration du compromis entre le rendement, la qualité, la puissance acoustique, etc.

Comme nous l'avons, différentes applications audio peuvent cohabiter dans le même système (mains-libres, casque, etc.).

Dans nous avons vu que le micro-haut-parleur de type électrodynamique est le plus souvent utilisé pour des dispositifs de communication mobile.

Différentes topologies d'amplificateur audio ont été comparées en se basant sur les contraintes de qualité de reproduction, l'efficacité énergétique et l'encombrement.

Il en ressort que, dans les applications casque, une linéarité plus importante est nécessaire à cause de la qualité de reproduction sonore plus élevée. Les amplificateurs linéaires (Classe-AB) sont des références pour ce type d'application parce qu'ils produisent des signaux électriques avec une relative fidélité.

Chapitre II : Acoustique.

Pour l'application mains-libres, l'amplificateur à commutation (Classe-D) est couramment utilisé. Généralement, pour l'application mains-libres le compromis est plutôt orienté en faveur de l'efficacité plutôt qu'en faveur de la qualité audio (due à l'environnement acoustique bruyant et à la nécessité de plus de puissance).

Le rendement ou encore l'efficacité énergétique est le paramètre principal pour un système sonore. C'est-à-dire que le rendement de toute la chaîne de reproduction sonore est critique dans ce type d'application. L'efficacité énergétique du système peut se diviser en deux parties distinctes : l'efficacité énergétique du système électrique associé, η_{elec} , et l'efficacité énergétique du haut-parleur, η_{acou} .

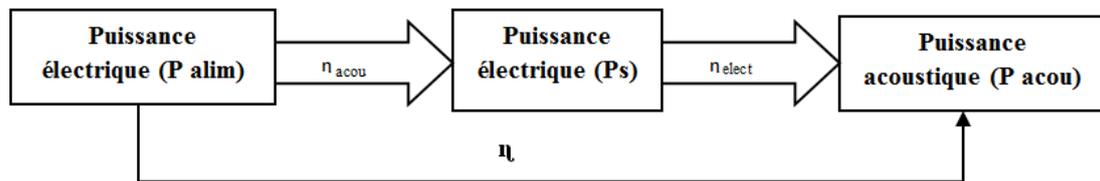


Figure II.9 : Principe de conversion et répartition du rendement

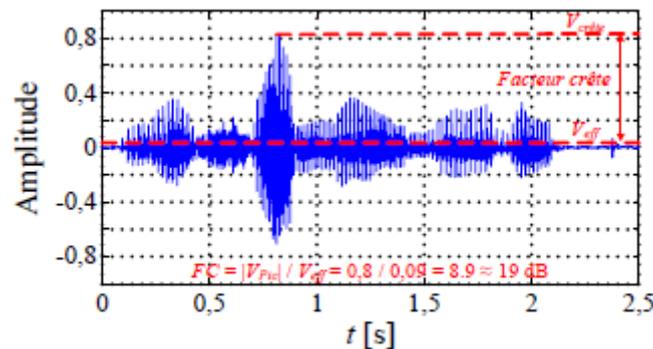


Figure II.10 : Signal audio (voix masculine) en fonction du temps avec $V_{crête}$,

V_{eff}

II.5 Rendement du haut-parleur :

Le HP est utilisé dans la bande de fréquence où son efficacité est maximale. Plus grande sera la quantité d'énergie électrique transformée en énergie acoustique. La partie qui n'est pas convertie en énergie acoustique est dissipée sous forme de chaleur.

II.6 Rendement de l'amplificateur audio :

En comparant les différentes topologies d'amplificateur audio, nous avons vu que le rendement énergétique, η_{elec} , d'un amplificateur à commutation est plus élevé que celui d'un amplificateur linéaire. Pour les amplificateurs de Classe-D récents, $\eta_{elec} \approx 90\%$ et il est important de préciser que c'est une valeur obtenue à puissance maximale, pour un signal sinusoïdal avec une charge fortement inductive. Mais ce qui est important pour les signaux audio réels, ce n'est pas vraiment le rendement à puissance maximale mais plutôt à puissance nominale. L'efficacité énergétique d'un Classe-D en fonction de la puissance. Le rendement peut se calculer grâce aux expressions suivantes :

$$\eta_{elec} = \frac{P_s}{P_s + P_{con} + P_{com}} \times 100$$

$$P_s = \frac{V_{cc}^2}{|Z|} \times \cos^2(\phi)$$

$$P_{con} = (2R_{ds} + 2R_p) \times I_o^2$$

$$P_{com} = C_{eq} \times V_o^2 \times F$$

Avec :

- P_s , puissance transmise [W] ;
- P_{con} , perte due à la conduction [W] ;
- P_{com} perte due aux commutations [W] ;
- $|Z|$, module de l'impédance Z [Ω] ;
- ϕ , phase de l'impédance Z [$^\circ$] ;
- R_{DS} , résistance drain-source [Ω] ;
- R_P , résistance parasite équivalente [Ω] ;
- I_o , courant de sortie [A] ;
- C_{eq} , capacité parasite équivalente [F] ;
- V_o , tension de sortie [V] ;
- F_e , fréquence d'échantillonnage [Hz] ;

Un amplificateur de type Classe-AB possède un rendement inférieur à celui du Classe-D à puissance maximale. En effet, dans un Classe-AB, lors de la transmission de puissance à la charge, plus de puissance est dissipée au travers des transistors qui fonctionnent en régime saturé. L'amplificateur linéaire génère également des pertes

constantes dues au courant de polarisation. Contrairement à la structure du Classe-D qui dissipe en $I_s^2 \times RDS$, l'amplificateur Classe-AB dissipe en $I_s \times (V_{CC} - V_s)$. L'efficacité énergétique maximale théorique, $\eta_{elecMAX} = 78,5 \%$ suivant l'expression suivante :

$$\eta_{elec} = \frac{\pi}{4} \times \frac{VS}{V_{CC}}$$

II.7. Applications d'amplificateur audio :

✓ Hi-fi, home-cinéma :

Elle intègre le plus souvent un décodeur (Dolby et DTS) et peut gérer les sources vidéo parallèlement à la gestion des sources sonores. Les amplis hi-fi sont destinés à l'usage domestique. La puissance maximale se situe entre quelques dizaines et quelques centaines de watts.

Le type le plus courant est dit « ampli-préampli intégré ». Il regroupe en un seul appareil deux fonctions :

- l'amplification de puissance, qui réalise l'amplification du signal proprement
- le préamplificateur qui comporte généralement un réglage de volume, un sélecteur de source, des corrections d'égalisation basique, un équilibrage gauche/droite (balance).



Figure II.11 : Hifi.

✓ Monitoring

Ils sont utilisés en studio pour le refroidissement est généralement passif (par convection) pour éviter tout bruit.



Figure II.12 : Monitoring.

✓ Casque

Les amplificateurs pour casques délivrent des puissances faibles, de l'ordre de 100 mW. La plupart des amplificateurs intégrés proposent une sortie casque on les trouve couramment en studio d'enregistrement, de radio... L'utilisation de casques bien isolés permet d'avoir un retour qui ne perturbe pas la prise de son.



Figure II.13 : Exemple de casque.

II.8 Conclusion

En comparant le rendement maximal d'un amplificateur audio à celui d'un haut-parleur, nous pouvons dire que la marge d'amélioration semble être du côté du haut-parleur.

Meilleure sera la sensibilité du haut-parleur, meilleur sera le rendement du dispositif dans sa globalité. Nous avons également constaté que, même à faible puissance, l'amplificateur à commutation est un dispositif intéressant si l'on prend soin de réduire au maximum sa consommation statique, quitte à dégrader légèrement l'efficacité à puissance maximale (il ne faut pas oublier que $P_{s \text{ nominale}} \ll P_{s \text{ MAX}}$). En effet, plutôt que de focaliser tous les efforts sur le rendement maximal, « seule » la consommation statique est importante.

CHAPITRE III

Réalisations pratiques.

III.1 Introduction :

Les amplificateurs intégrés de la famille TDA sont des composants qui ont été utilisés pour la réalisation de petits amplificateurs pour une puissance de quelques watts ou quelques dizaines de watts. Certaines réalisations utilisant ces circuits intégrés sont conçues pour être alimentées sous une tension simple (unique), d'autres sont conçues pour être alimentées sous une alimentation symétrique (double), il suffit de se baser sur les exemples dans ses datasheets. En règle générale, on fait appel à une configuration "alimentation simple" pour un usage en voiture (12V batterie), et à une configuration "alimentation double" pour un usage à la maison (Hifi).

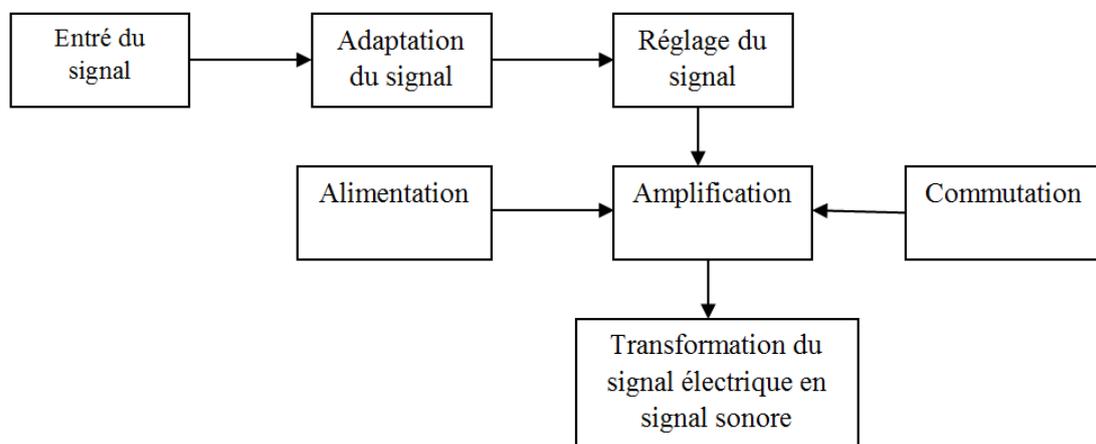


Figure III.1 : Schéma synoptique du fonctionnement des montages réalisés

III.2 Alimentation :

Nous avons utilisé une alimentation simple et symétrique cette dernière pourra être comprise entre +/-9 V et +/-15 V. L'alimentation d'un ampli doit permettre de fournir des tensions stables alors même que le courant varie fortement et rapidement. La valeur de cette tension dépend de la puissance maximale de l'amplificateur ainsi que l'impédance de l'enceinte (par exemple : des tensions symétriques de +/-64V pour un ampli pouvant délivrer 360 W sous 4Ω). Pour obtenir ces tensions, il est possible d'utiliser un transformateur qui convertit directement la tension secteur vers les tensions souhaitées ou une alimentation à découpage.

III.3 Présentation des réalisations pratiques :

Nous avons réalisé un vumètre et cinq mini-amplificateurs audio de puissance différents que nous décrivons comme suit :

III.3.1 Vumètre pour amplificateur audio :

C'est un instrument montrant le niveau de signal audio qu'on trouve sur le matériel audio professionnel et sur beaucoup d'appareils grand public généralement. Nous avons choisie BC550 qui est un transistor NPN pourvu que sa tension $V_{ce\ max}$ soit au moins égale à la tension d'alimentation. On applique une tension simple en entrée grâce à un microphone qui relie ce dernier à l'input1 de notre circuit, ce qui permet de déclencher l'allumage des LED selon le rythme du signal sonore. Le schéma électrique et celui du circuit imprimé de notre vumètre ainsi que sa réalisation pratique, nous avons remplacé les condensateurs seulement par des leds, sont présentés dans les figures ci-dessous :

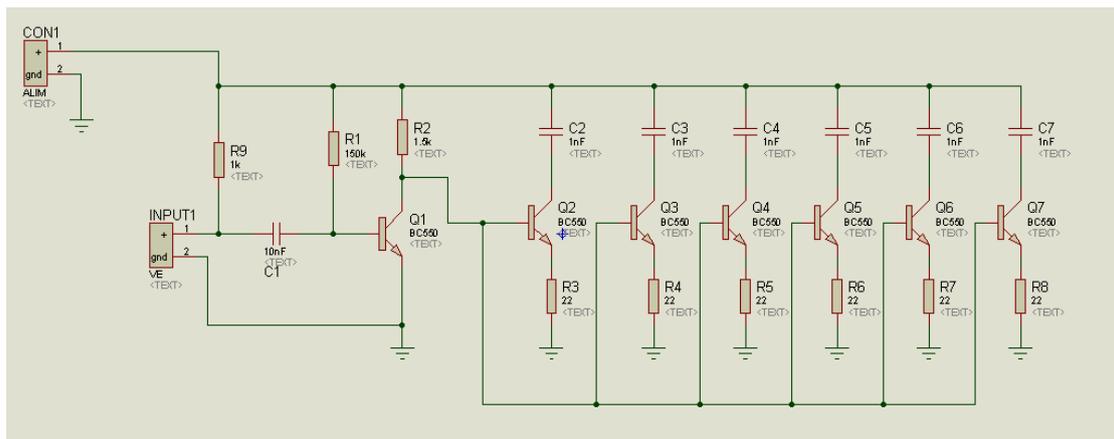


Figure III.2 : Schéma électrique du vumètre sous ISIS.

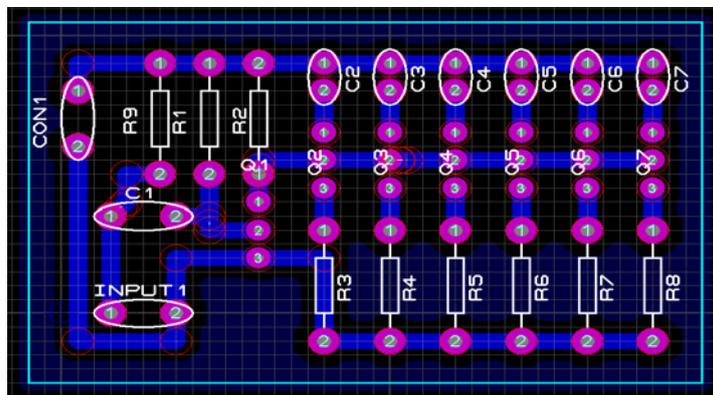


Figure III.3 : Schéma du circuit imprimé du vumètre sous ARES.

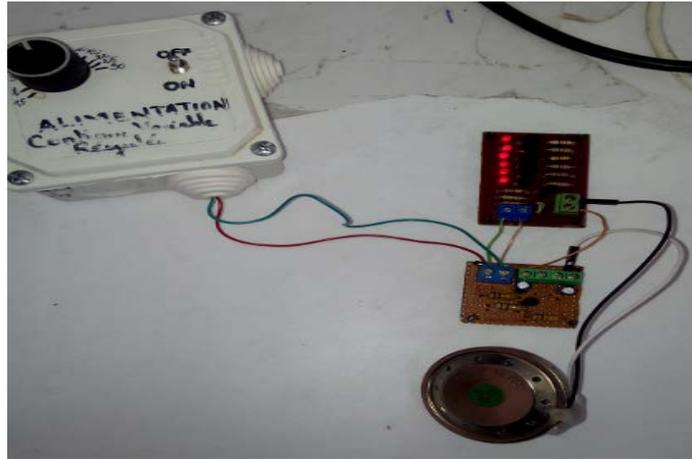


Figure III.4 : Réalisation et test pratique du vumètre que nous avons réalisé pour tous nos mini-amplificateurs audio de puissance.

Avantages du vumètre à LED

- très simple
- uniquement des composants standards
- coût très réduit- jusqu'à 10 LED
- seuils des LED réglable.

Inconvénients du vumètre à LED

- sensibilité à la température (en effet, V_{be} décroît avec la température)
- léger flou sur la transition ON/OFF des LED.

III.3.2 Mini-amplificateur audio de puissance utilisant le circuit intégré TDA2030 :

Caractéristiques du TDA2030

- ✓ tension d'alimentation de Large-gamme, jusqu'à 36 V
- ✓ Alimentation d'énergie simple ou multiple
- ✓ Protection de court-circuit
- ✓ Arrêt de courant ascendant

Description

Le TDA2030 est un circuit intégré monolithique qui se présente en boîtier Pentawatt, destiné à l'utilisation comme amplificateur classe-AB basse fréquence. Typiquement

il fournit 14 W de puissance de sortie ($d = 0.5\%$) à 14 V/4 Ω . Pour une alimentation de ± 14 V ou 28V, la puissance de sortie garanti est 12W sur une charge (HP) de 4 Ω et 8W sur des charges (HP)de 8 Ω .

Le TDA2030 incorpore un système de protection original de court-circuit comportant un arrangement pour limitation automatique de la puissance dispersée afin de garder le point de fonctionnement des transistors dans leur plage de fonctionnement sûre. Un système thermique conventionnel d'arrêt est également inclus.

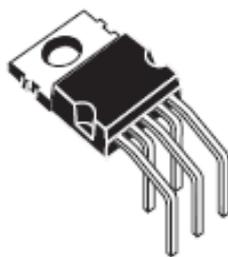


Figure III.5 : TDA2030 : Boitier Pentawatt horizontal.

Avec le peu de composants que le TDA2030 requière celui-ci est bien adapté pour un usage "automobile" et comme ampli "domestique". Nous allons présenter ce montage audio avec une alimentation symétrique. Le schéma électrique et celui du circuit imprimé ainsi que réalisation pratique de notre mini-amplificateur TD2030 sont présentés dans les figures ci-dessous :

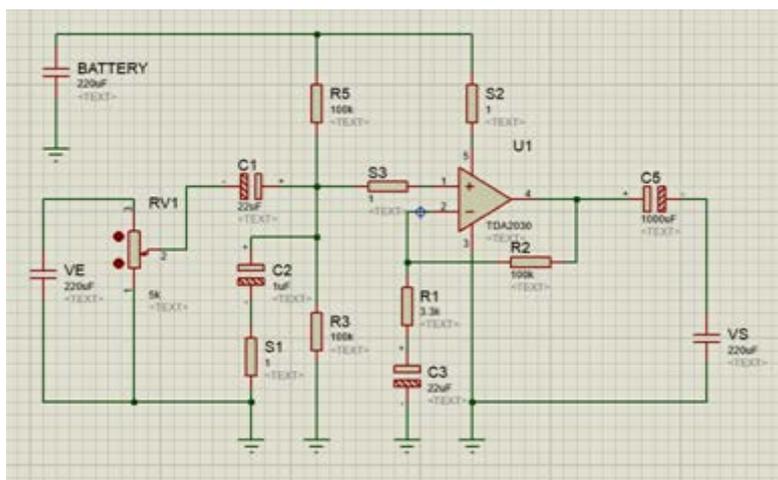


Figure III.6 : Schéma électrique de notre mini-amplificateur audio de puissance utilisant le circuit intégré TDA2030 sous ISIS.

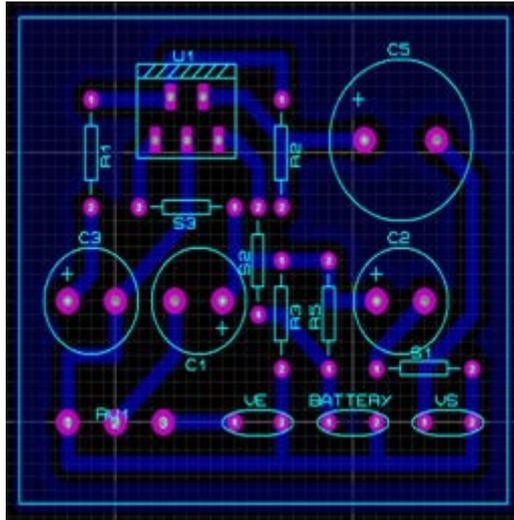


Figure III.7 : Schéma du circuit imprimé de notre mini-amplificateur audio de puissance utilisant le circuit intégré TDA2030 sous ARES.



Figure III.8 : Réalisation et test pratique de notre mini-amplificateur audio de puissance utilisant le circuit intégré TDA2030.

Les différents tests pratiques appliqués à notre mini-amplificateur audio de puissance utilisant le circuit intégré TDA2030 attestent le bon fonctionnement de ce dernier.

La sensibilité d'entrée est de 200 mV. Les niveaux d'entrée plus élevés naturellement donneront une plus grande production, mais pas de distorsion devraient être entendus. Le gain est réglé par les résistances R1 et R2. Le TDA2030 est abordable et permet la réalisation de bon amplificateur de remplacement pour les systèmes audio de moyennespuissances.

III.3.3 Mini-amplificateur audio de puissance utilisant le circuit intégré TDA2003 :

Caractéristiques du TDA2003

- ✓ Exécution améliorée supérieure à celle du TDA2002.
- ✓ Nombre très peu élevé de composants externes
- ✓ Assemblage facile.
- ✓ Coût faible et gain en dimensions.

Description :

Le TDA2003 est capable de fournir un courant à haute production (jusqu'à 3.5 A) avec des déformations harmoniques très basses. Le TDA2003 est protégé contre les courts -circuits et possède un limiteur thermique.

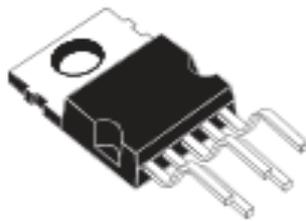


Figure III.9 : TDA2000 : Boitier Pentawatt horizontal.

Le schéma ci-dessous tiré directement du datasheet de l'amplificateur TDA2003 est réalisé sous ISIS :

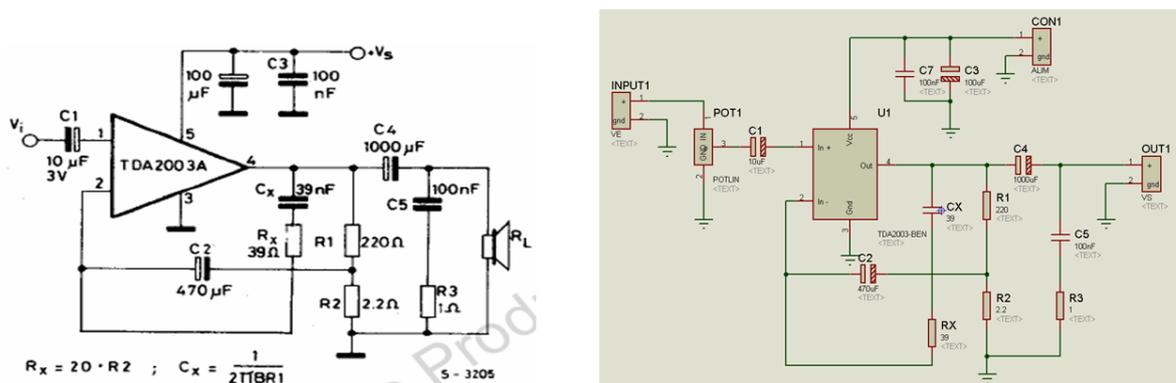


Figure III.10 : Schéma électrique de notre mini-amplificateur audio de puissance utilisant le circuit intégré TDA2003.

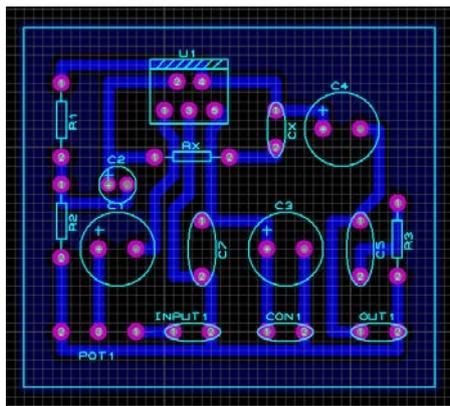


Figure III.11 : Schéma du circuit imprimé de notre mini-amplificateur audio de puissance utilisant le circuit intégré TDA2003 sous ARES.

L'alimentation du TDA2003 s'effectue entre les pattes 3 (masse) et 5 (+V) et la sortie amplifiée est prélevée de la patte 4 du TDA2003. Le raccord au haut-parleur passe par un condensateur chimique de forte valeur, ici C4. Ce condensateur évite l'application au HP de la tension continue présente en sortie du CI (environ la moitié de la tension d'alimentation), qui serait néfaste à ce dernier. Sa valeur n'est pas très critique. Le réseau R3/C5 permet de garantir une charge minimale au TDA2003 pour les fréquences les plus élevées. En effet, un HP présente la particularité de voir son impédance croître aux fréquences hautes du spectre sonore. Ce réseau est donc une sorte de compensation permettant au TDA2003 d'avoir moins de variation d'impédance sur sa sortie.

La figure suivante présente la réalisation pratique de notre mini-amplificateur à base du CI TD2003.



Figure III.12 : Réalisation pratique de notre mini-amplificateur audio de puissance utilisant le circuit intégré TDA2003.

III.3.4 Mini-amplificateur audio de puissance utilisant le circuit intégré TDA7377 :

Le TDA7377 est de classe AB et présente des caractéristiques électriques pour des applications audio hautes puissances.



Figure III.13 : Boîtier du TDA7377.

Le TDA7377 permet de réaliser des amplificateurs audio simples et puissants, avec moins d'une dizaine de composants [8]. Il est conçu pour fonctionner dans une plage de tensions allant de 8 à 18 volts. Pour garantir une bonne alimentation de notre amplificateur, nous allons utiliser deux condensateurs de découplage. Le premier, d'une faible capacité, filtrera les fréquences aigues, tandis que le second filtrera les fréquences graves. Le condensateur placé sur la broche 6 sert à éviter les "pop" quand on allume l'amplificateur, sa valeur obtenue du datasheet est de $47\mu\text{F}$. Le schéma électrique et celui du circuit imprimé de notre mini-amplificateur audio de puissance utilisant le CI TDA7377 ainsi que sa réalisation pratique, sont présentés dans les figures ci-dessous :

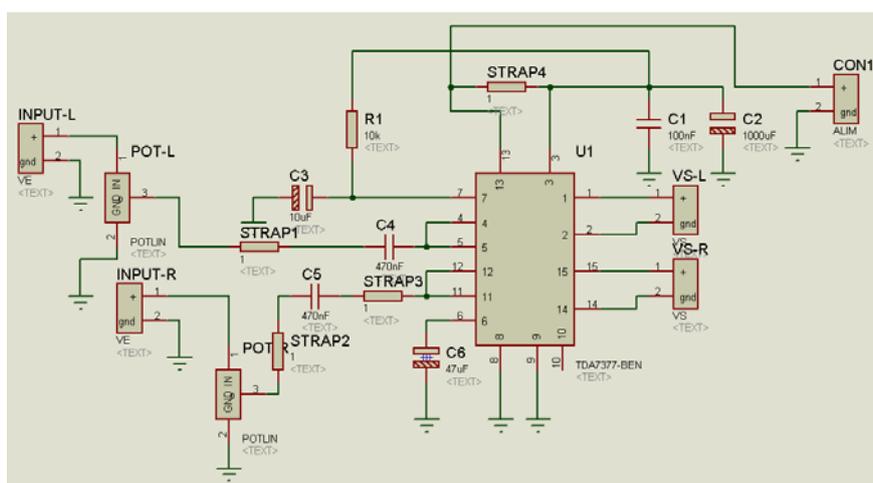


Figure III.14 : Schéma électrique de notre mini-amplificateur audio de puissance utilisant le circuit intégré TDA7377 sous ISIS.

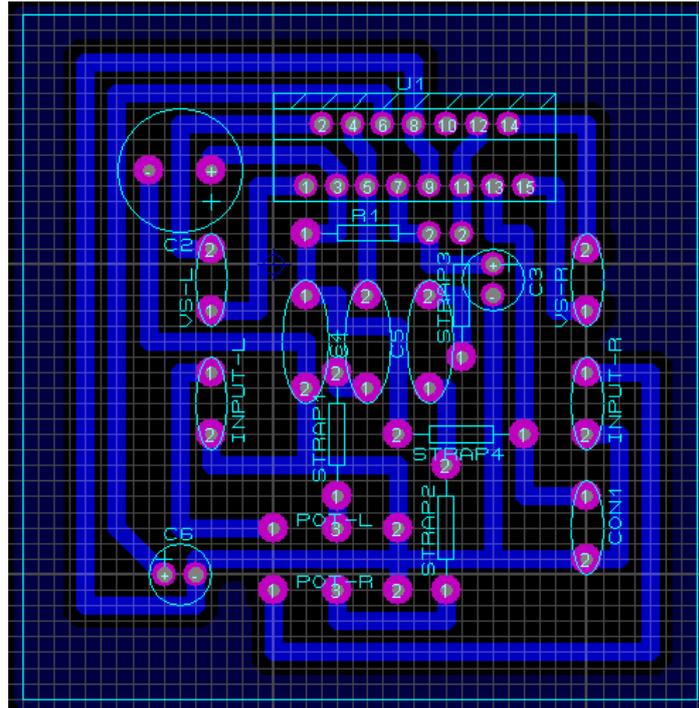


Figure III.15 : Schéma du circuit imprimé de notre mini-amplificateur audio de puissance utilisant le circuit intégré TDA7377 sous ARES.

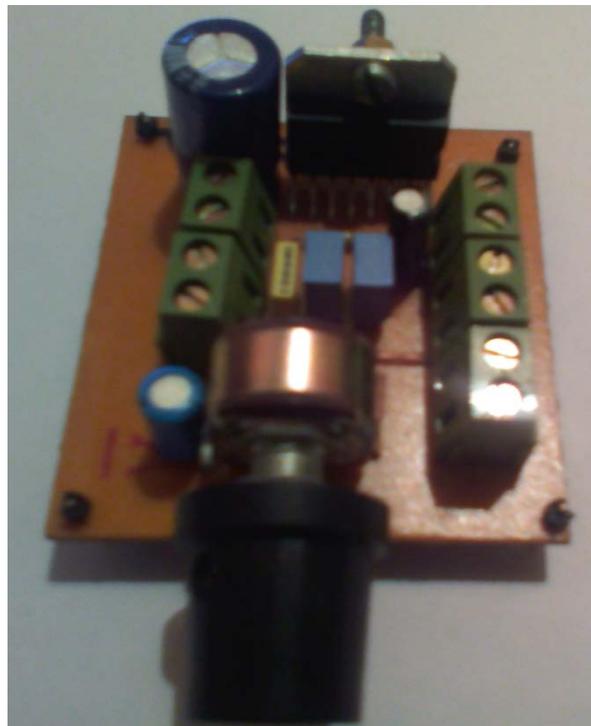


Figure III.16 : Réalisation pratique de notre mini-amplificateur audio de puissance utilisant le circuit intégré TDA7377.

III.3.5 Mini-amplificateur audio de puissance utilisant le circuit intégré YD1028 [2] :

Ce type d'amplificateurs augmente la puissance du signal radio basse fréquence grâce au CI YD1028 dont le schéma interne est le suivant.

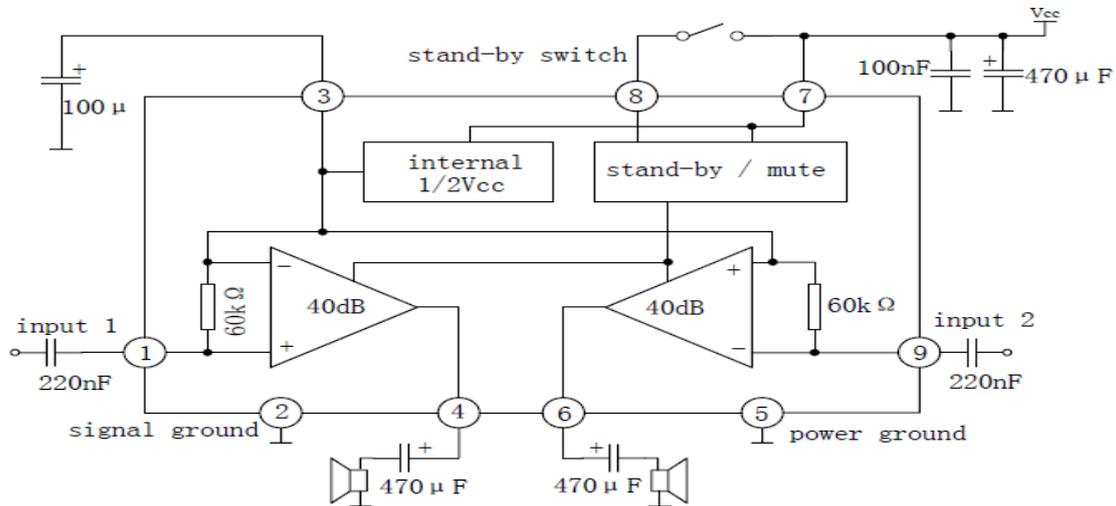


Figure III.17 : Schéma interne du CI YD1028 monté en stéréo

Le YD1028 est un double amplificateur ayant un rendement celui de la classe-B monté dans un boîtier de type TO220Z9. Le dispositif est principalement développé pour des applications d'autoradio et présente les caractéristiques suivantes :

- ✓ Il requière très peu de composants externes ;
- ✓ Puissance à haute production, gain fixe, bon rejet d'ondulation ;
- ✓ Entrées identiques (inverseuse et non-inverseuse) ;
- ✓ Il possède un commutateur de Mute/stand-by ;
- ✓ Protections : de décharge de la charge, contre les courts-circuits et thermique ;
- ✓ Protection contre la décharge électrostatique.

Les figures suivantes présentent le schéma électrique, celui du circuit imprimé ainsi que réalisation pratique de notre mini-amplificateur utilisant le CI YD1028.

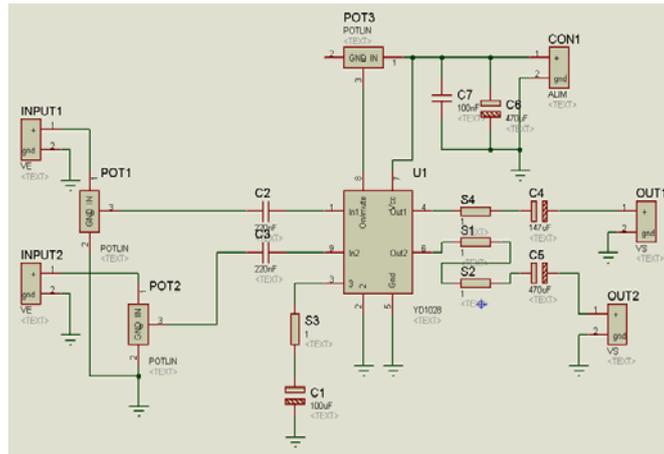


Figure III.18 : Schéma électrique de notre mini-amplificateur audio de puissance utilisant le circuit intégré YD1028 sous ISIS.

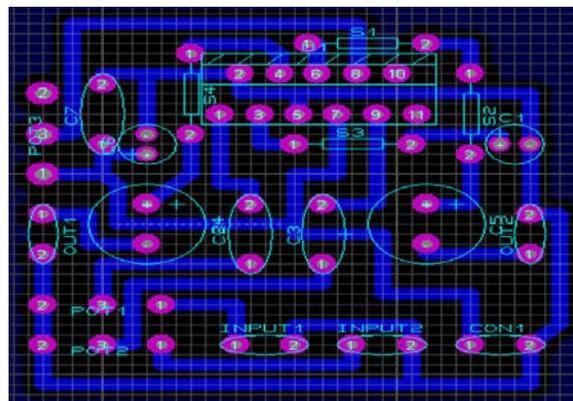


Figure III.19 : Schéma du circuit imprimé de notre mini-amplificateur audio de puissance utilisant le circuit intégré YD1028 sous ARES.



Figure III.20 : Réalisation pratique de notre mini-amplificateur audio de puissance utilisant le circuit intégré YD1028.

III.3.6 Mini-préamplificateur audio de puissance utilisant le circuit intégré TD2822 :

Le TDA2822 est un amplificateur AB audio intégré monolithique se présentant dans un boîtier 8-Pin à double rangée de connexions en plastique. Il possède un faible courant de repos et de faibles distorsions. Il est compact, efficace et plein de fonctions pour une application facile.

Le TDA2822 peut être alimenté par une large tension d'alimentation de 3V à 15V. Les principales applications de TDA2822 sont ampli-casque, systèmes audio portables, mini radio, aides auditives, préamplificateur. Quand il est alimenté par 6V, il peut délivrer une puissance de sortie de 0.65W sur un haut-parleur de 4 ohms et une puissance de 1,35 W sur un haut-parleur de 4 ohm en mode bridgé.

Caractéristiques du TDA2822

- ✓ Tension d'alimentation large d'opération : $V_{CC}=1.8V - 12V$.
- ✓ Basse déformation de croisement.
- ✓ Pont/configuration stéréo.

Applications:

Amplificateurs de radio AM- FM.

Amplificateurs portatifs.

Systèmes sonores de télévision, etc.

Le schéma électrique de notre mini-préamplificateur audio utilisant le CI TDA2822 est présenté dans la figure ci-dessous :

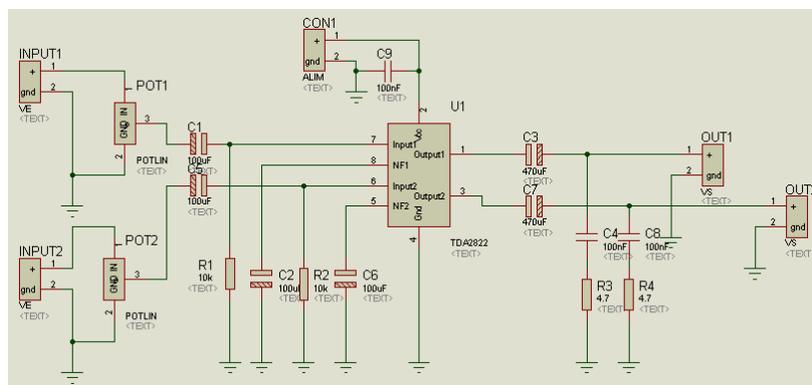


Figure III.21: Schéma électrique de notre mini-préamplificateur audio utilisant le circuit intégré TDA2822 sous ISIS.

Le schéma du circuit imprimé du mini-préamplificateur audio est présenté dans la figure ci-dessous :

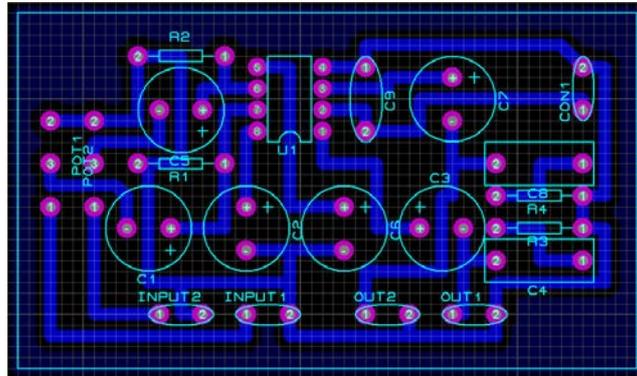


Figure III.22 : Schéma du circuit imprimé du mini-préamplificateur audio utilisant le circuit intégré TDA2822 sous ARES.

La figure suivante présente notre réalisation pratique du mini-préamplificateur audio utilisant le circuit intégré TDA2822.

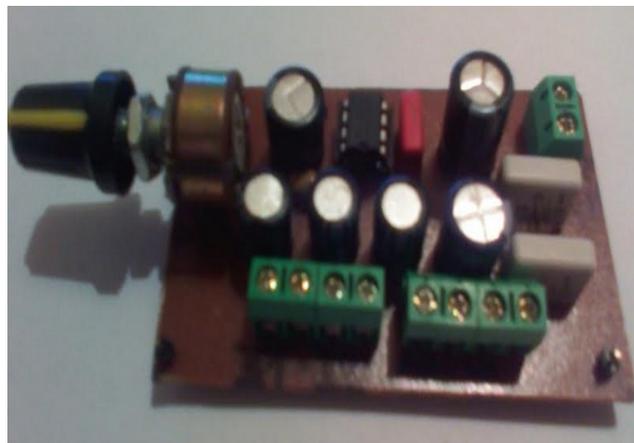


Figure III.23 : Réalisation pratique de notre mini-préamplificateur audio utilisant le circuit intégré TDA2822.

III.4 Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons présenté en plus d'un vumètre plusieurs mini-amplificateurs audio de puissances utilisant les circuits intégrés : TDA2030, TDA2003, TDA7377, YD1028 et le TDA2822. Les différents tests pratiques que nous avons appliqués à nos mini-amplificateurs audio de puissance attestent le bon fonctionnement de ces derniers.

Pour atteindre cet objectif, il nous a fallu tout d'abord simuler le fonctionnement de chaque circuit sous l'environnement ISIS de Proteus avant de réaliser les typons sous ARES puis réaliser chaque circuit imprimé, implanter les différents composants et finalement les souder.

Conclusion générale

Ce projet de fin d'étude nous a permis de mieux connaître le monde de l'audio d'un point de vue électronique. Ce dernier prend une large bande d'innovation ; pour cela nous avons essayé de réaliser un ensemble de mini amplificateurs audio fonctionnent qui on peut choisie pour différent besoins. Nous avons respecté notre cahier de charges.

Le rôle sert à augmenter le niveau de puissance du signal ; en générale nous avons basée sur la grande linéarité et le meilleurs rendement d'amplification, ainsi que on comparant le rendement maximal a celui d'un haut-parleur avec cette augmentation de la complexité.

Les concepteurs se trouvent face a double défi : une forte intégration et une augmentation de l'autonomie celui attachés par l'acoustique.

Pratiquement, nous allons mettre en œuvre une application pour écoute téléphonique (audio) afin de la réalisation d'un vumètre et les mini-amplificateurs audio simples et puissants.

On a deux types de mini-amplificateurs audio de puissance :

- Le premier d'un mode simple d'un seul canal comme les circuits réaliser a base de : TDA2003, TDA2030.
- Le deuxième type distingue le mode bridge, ce type est un double amplificateur augmente la puissance du signal radio basse fréquence grâce au YD1028.

Ces différents mini-amplificateurs ajoute une puissance de signal et de haut parleur convertie se signal en force mécano-acoustique générant ainsi une pression acoustique.

Finalement, on se trouve l'amplification audio de puissance dans les petits radios ; les ordinateurs et les téléphone portable qui permettant une grande qualité a faible cout.

BIBLIGRAPHIE

- [1] Mémoire amplification pour écoute téléphonique, fichier pdf.
- [2] Livre aide-mémoire d'électronique pour l'audio vidéo.
- [3] <http://theses.insalyon.fr/publication/2011ISAL0063/these.pdf>
- [4] <http://www.universalis.fr/encyclopedie/sons-production-et-propagation-des-sons/2-le-phenomene-sonore>
- [5] <http://www.claudegabriel.be/2Acoustique%20chapitre%202.pdf>
- [6] http://www.rpn.ch/lddr/physique/dossiermatiere/listeprofs/denise/oc_physique/pdfs/chapitre3_aout08.pdf.
- [7] Livre mémoire : modélisation en vue de l'intégration d'un système audio de micro puissance.
- [8] un article <https://tibounise.com/articles/tda7377-amp.html>

Résumé

L'amplificateur est un assemblage d'éléments actifs et passifs, dont le rôle essentiel est de produire une tension de sortie plus élevée que la tension d'entrée. Toutefois, les amplificateurs peuvent être utilisés pour remplir d'autres fonctions où ils constituent en eux-mêmes des éléments de circuits. Ils fonctionnent suivant des lois simples qu'il faut connaître et appliquer avec soin.

Les mots clefs : amplificateur, fonctionnement, audio.

Abstract

The amplifier is a collection of assets and liabilities, whose primary role is to produce a higher output voltage than the input voltage. However, the amplifiers can be used to perform other functions where they are in themselves of circuit elements. They operate according to simple laws need to know and apply carefully.

Keywords : amplifier operation, audio.

ملخص

مكبر للصوت هو مزيج من العناصر الإيجابية والسلبية، التي هي لتوليد الناتج الجهد العالي من جهد الدخل وظيفة أساسية ومع ذلك، فإن مكبرات الصوت يمكن استخدامها لأداء مهام أخرى لأنها تشكل في عناصر الدائرة وهي تعمل وفقا للقوانين بسيطة في حاجة الى معرفة وتطبيق بعناية. نفسها
الكلمات الرئيسية: مكبر للصوت، وتشغيل، والصوت