

## BUREAU D'ÉTUDE D'ÉLECTRONIQUE

---

# Réalisation d'un amplificateur pour smartphone, baladeur MP3 ou tablette

---



*Responsables :*  
Fanny POINSOTTE  
Nicolas RUTY

*Lien Chamilo :*  
[http://chamilo.grenoble-inp.fr/  
courses/PHELMA3PMEPE26/index.php](http://chamilo.grenoble-inp.fr/courses/PHELMA3PMEPE26/index.php)

# Table des matières

<b>1</b>	<b>Introduction</b>	<b>2</b>
1.1	Préambule . . . . .	2
1.2	Organisation du travail . . . . .	2
1.2.1	Travail de préparation : à faire impérativement . . . . .	3
1.3	Cahier des charges . . . . .	3
1.4	IMPORTANT : Utilisation de Composants CMS . . . . .	4
1.5	Limite dans les valeurs et composants choisis à l'avance . . . . .	4
<b>2</b>	<b>Partie 1 : Préamplification du signal audio</b>	<b>5</b>
2.1	Stéréo vers Mono, polarisation . . . . .	5
2.2	Correcteur de tonalité actif . . . . .	5
2.3	Somme Grave+Aigu . . . . .	5
2.4	Saisie sous LT-Spice et simulation . . . . .	6
2.5	Saisie sous Kicad et passage au PCB . . . . .	6
2.6	Soudure, test, et validation . . . . .	6
<b>3</b>	<b>Partie 2 : Correcteur Physiologique Loudness et Amplification "de Puissance"</b>	<b>7</b>
3.1	Correcteur Loudness . . . . .	7
3.2	Montage(s) Amplificateur(s) . . . . .	7
3.3	Saisie sous LT-Spice/Kicad et simulation/routage . . . . .	8
3.4	Soudure, test, et validation du montage global . . . . .	8

# 1 Introduction

## 1.1 Préambule

Le travail que nous vous demanderons dans ce bureau d'étude est différent et complémentaire de celui que vous avez effectué au premier semestre. Lors du premier BE d'électronique, vous avez dimensionné des composants et testé des blocs qui vous étaient proposés, d'abord sur platine de test ("plaque à trous"). Vous avez ensuite conçu, grâce au logiciel Kicad une carte PCB, puis percé, soudé, et testé votre montage final. Dans ce deuxième BE, nous vous proposons d'effectuer les étapes de conception de manière légèrement différentes. Vous allez simuler le circuit répondant au cahier des charges que nous vous proposons (grâce au logiciel LT-Spice). Puis vous concevrez, sous Kicad, une carte électronique, avec des composants de type CMS (Composants Montés en Surface), qui constituent la technologie actuellement utilisés sur les cartes industrielles (des applications grand public aux applications plus spécifiques), le montage de composants traversants étant de plus en plus restreints.

Vous serez évalués sur ce travail complet : les enseignants évalueront le bon fonctionnement du circuit, comme au premier semestre. Vous devrez ensuite rédiger une notice technique de 2 pages maximum, ainsi que des fiches de mesures.

## 1.2 Organisation du travail

Pour mener à bien le travail demandé, vous aurez 6 séances de 4h. Vous travaillerez en binôme. Vous devez choisir votre partenaire avant la première séance. Deux encadrants seront présents 16h sur les 24h que comptent ce bureau d'étude. Comme vous le constaterez dans la suite du sujet, la réalisation sera divisée en deux parties. Chacune des deux parties sera traitée chronologiquement de manière identique :

- Préparation, choix des montages répondant aux cahiers des charges.
- Saisie du schéma sous LT Spice
- Simulation et ajustement des valeurs des composants dans la série E12 + effectivement disponible en salle.
- Saisie du schéma ainsi validé, sous Kicad, et routage de la carte PCB (note : les circuits seront majoritairement réalisés avec des composants type CMS)
- Soudure, test et validation

Le déroulement chronologique du BE fait en sorte que vous puissiez, avec l'aide de vos encadrants, réaliser ce travail de manière efficace et de plus en plus autonome. Ce qui donne le découpage en séances suivant :

- **Travail de préparation** : saisie du **schéma électrique** de la partie I sous LT-Spice et Kicad, avant le début de la séance
- **Séance 1** : finalisation de la saisie du schéma, simulation et routage de votre première carte PCB. Objectif : envoyer 2 jours ouvrés avant la séance 2 votre schéma PCB routé, à Antoine Pisa, technicien qui fabrique les cartes.
- **Séance 2** : fin de la simulation (si nécessaire) pour le choix des valeurs de composants, et début des soudures et tests des montages.
- **Séance 3** : fin des soudures et tests de la première carte.
- **Séance 4** : Saisie, simulation et routage de la deuxième carte PCB (correspondant à la partie 2 du montage). Objectif : envoyer 2 jours ouvrés avant la séance 5 votre 2ème schéma PCB routé.
- **Séance 5** : début des soudures et tests de la partie 2.
- **Séance 6** : suite et fin des tests et validation du montage global.

*Note : vos encadrants évalueront votre avancement tout au long des séances. Nous vous rappelons*

également que valider un montage ne signifie pas dire "ça marche". Chaque montage doit être caractérisé entièrement : choix et attendus théoriques, mesures expérimentales précises, limitations, analyses des écarts.

### 1.2.1 Travail de préparation : à faire impérativement

Lire le sujet et répondre aux questions de préparation est l'une des tâches à réaliser avant la première séance. Le schéma bloc du montage que vous devez réaliser est donné ci-après. L'objectif du travail de préparation est que vous arriviez lors de la première séance avec, pour chaque bloc (de la partie 1 a minima) :

- Un schéma théorique du montage répondant à la fonction du bloc
- Le dimensionnement théorique des composants et leurs valeurs possibles dans la série E12,
- Une description claire du fonctionnement théorique (forme d'onde, fonction de transfert, diagramme de Bode, ...)

De plus, vous devez arriver en séance avec un schéma électronique saisi sous LT-Spice et Kicad, utilisant les composants de la librairie de composants suggérés dans les datasheets afférentes au sujet.

Le travail que vous devez réaliser sur l'ensemble des séances est conséquent et demande une forte implication de votre part.

### 1.3 Cahier des charges

Nous vous demandons pour ce bureau d'étude de réaliser un amplificateur audio (faible puissance) pour smartphone, baladeur MP3 ou tablette, tel qu'on peut en trouver dans le commerce. Bien sur, l'amplificateur que nous vous demandons de réaliser est simplifié, mais il sera tout à fait fonctionnel.

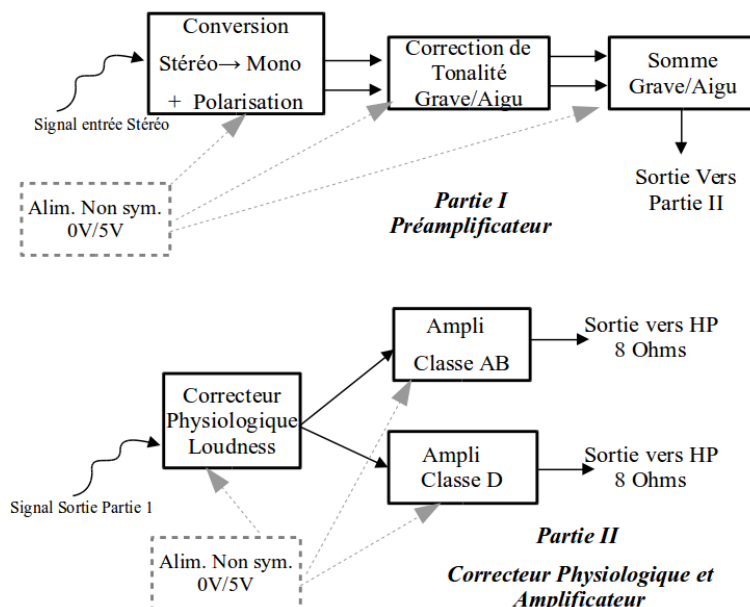


FIGURE 1 – Schéma Bloc Global de l'ensemble Préamplificateur + Amplificateur

Au final, nous souhaitons, à partir d'un signal audio stéréo, connecté via une embase type jack 3.5, diffuser le son sur un haut-parleur mono d'une puissance d'environ 2 Watts :

- Conversion du signal stéréo vers un signal mono, correctement polarisé.
- Correcteur actif de tonalité Grave/Aigu avec réglage par 2 potentiomètres.

- Correcteur physiologique *Loudness* pour adapter le spectre du signal envoyé dans l'amplificateur en fonction du volume sonore.
- Utilisation de deux types d'amplificateur classe AB, et classe D, avec donc deux sorties différentes pour alimenter le haut-parleur

Le montage sera alimenté par une alimentation non symétrique 0V/5V.

Une première réponse à ce cahier des charges est donnée par les schémas blocs de la figure 1

Chaque bloc doit a priori être le plus possible indépendant des autres. Vous vous assurerez dans votre réalisation, du respect de cette contrainte par les moyens appropriés.

## 1.4 IMPORTANT : Utilisation de Composants CMS

Le BE1 était réalisé uniquement avec des composants traversants. Le dessus du circuit comprenait les composants. Leurs pattes traversaient le circuit et étaient soudées sur la couche du dessous. Dans le cas présent, pour ce BE2, vous allez utiliser des composants montés en surface (CMS). En clair ces composants sont posés sur la face du dessus et soudés également sur la face du dessous, sans perçage. Les souder à la main est assez délicat, mais vous aurez à votre disposition tout l'équipement nécessaire pour le faire. De plus, on ne peut pas tester ces composants CMS sur plaque à trous, c'est pourquoi l'étape de simulation de votre circuit, ainsi que celle du routage doivent être faites avec un soin tout particulier. Enfin, il est évident que vous devrez prévoir sur votre circuit des moyens de tests et de corrections en cas d'erreur.

## 1.5 Limite dans les valeurs et composants choisis à l'avance

L'univers des composants électroniques est très vastes, et s'apparente plutôt à une jungle hostile pour le néophyte. C'est pourquoi nous avons choisi pour vous un certain nombre de composants à l'avance.

C'est le cas pour les amplificateurs opérationnels que vous utiliserez durant ce BE. Il s'agit d'AO de chez ST : les TSV912IDT. Ils ont des propriétés intéressantes en terme de précision et de consommation. De même les circuits amplificateurs "de puissance" sont imposés, tous deux sont produits par ST :

- L'amplificateur de classe AB est un TS4871.
- L'amplificateur de classe D est un TS4962.

Enfin, concernant les potentiomètres, vous n'aurez accès qu'à un nombre limité de valeurs : 1K, 2K, 5K, 10K, 20K, 50K, 100K. Ils font partie de la série TS53YL de chez Vishay. De même pour les condensateurs dont les valeurs maximales seront de  $10\mu\text{F}$ . Le reste des valeurs sera choisi dans la série E12.

## 2 Partie 1 : Préamplification du signal audio

Le point de départ est un signal stéréo, issu d'une sortie type Jack 3.5" avec un niveau ligne "grand public" (ie 316mV efficace).

- Quels sont les niveaux d'impédances (entrée, sortie) typique du standard "ligne".
- On ne peut pas garantir de manière absolue l'absence de composant continue en sortie d'un baladeur, tablette ou smartphone. Comment prévenir simplement les effets d'éventuelles composantes continues sur votre montage ?

La figure 2 donne le schéma bloc de cette première partie.

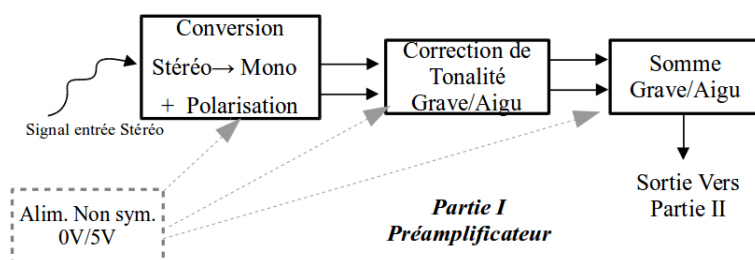


FIGURE 2 – Schéma Bloc de la partie 1 : de l'entrée stéréo vers un signal polarisé, et égalisé grave/aigu selon les souhaits de l'utilisateur

### 2.1 Stéréo vers Mono, polarisation

On souhaite diffuser le signal audio sur un seul haut-parleur, tout en gardant l'information des deux canaux (gauche/droite).

- Proposer un montage à base d'amplificateur opérationnel permettant de réaliser cette opération d'addition des deux signaux. Il faudra s'assurer que le niveau de l'ensemble est équivalent aux niveaux des signaux séparés.
- Le montage étant alimenté symétriquement, on prendra les précautions nécessaires pour polariser les tensions de manière optimale.
- Donner la plage d'utilisation en amplitude et en fréquence de votre montage.
- En étudiant la datasheet du TSV912IDT, donner quelques caractéristiques qui en font un bon choix pour l'ensemble de votre circuit.

### 2.2 Correcteur de tonalité actif

On cherche maintenant à pouvoir **amplifier ou atténuer séparément les graves et les aigus** contenus dans le signal audio. On pourra par exemple utiliser deux filtres de bandes passantes complémentaires.

- Donner un schéma électronique permettant de réaliser la fonction passe-bande, et choisir les valeurs adaptées pour chacune des bandes passantes choisies (Grave, Aigu, à votre convenance).
- Sans utiliser d'AO supplémentaire, trouver une solution pour faire varier l'amplitude dans la bande passante, sans modifier cette dernière.
- Choisir la polarisation de ce montage de même que précédemment.

### 2.3 Somme Grave+Aigu

Le correcteur de tonalité produit 2 sorties séparées (Grave et Aigu) qu'il faut réassembler.

- Proposer le schéma d'un montage permettant de réaliser cette fonction.

- Donner les conditions pour que ce circuit soit indépendant du précédent (ie sans influence réciproque) et préciser s'il convient d'ajouter des composants ou pas.

## 2.4 Saisie sous LT-Spice et simulation

Une fois ce premier dimensionnement réalisé, vous êtes prêts à entrer dans le monde de la CAO Électronique. Lire, sur la page Chamilo des BE, rubrique Documents/LT-Spice le tutoriel d'utilisation de ce logiciel.

- Réaliser, sur un poste libre service Phelma ou sur votre machine personnelle la saisie de votre schéma électronique, avant la première séance. (LT-Spice est téléchargeable gratuitement sur <http://www.linear.com/designtools/software>, fonctionne sous Windows et sous Linux via Wine)
- Note 1 : utiliser pour UniversalOpAmp pour les AOs
- Note 2 : les potentiomètres sont compliqués à gérer sous LT-Spice. Utiliser 2 résistances cablées en "pont diviseur".

## 2.5 Saisie sous Kicad et passage au PCB

Parallèlement à la saisie de votre schéma sur le logiciel de simulation, il est opportun de faire de même dans le logiciel Kicad, que vous avez utilisé au premier semestre. Vous retrouverez 3 tutoriaux dans /Documents/Kicad : un pour la saisie des schémas électroniques et deux pour le passage au PCB (montage traversant, option CMS). *Attention aux particularités dues à l'utilisation de composants CMS. C'est ce qui rend cette dernière étape légèrement différente de ce que vous avez fait au semestre 1.*

- Réaliser, sur un poste libre service Phelma, ou sur votre machine personnelle la saisie de votre schéma électronique. Kicad est gratuit, opensource et multiplateforme, <http://kicad-pcb.org/>),
- Lire les tutoriaux de passage au PCB, notamment celui concernant les spécificités des cartes à composants CMS.

## 2.6 Soudure, test, et validation

Lors de la séance 2, votre carte PCB aura été fabriquée. Il ne vous restera plus qu'à souder, tester et valider son fonctionnement.

### 3 Partie 2 : Correcteur Physiologique Loudness et Amplification "de Puissance"

Le signal provenant de la partie 1 est préamplifié par le correcteur actif grave/aigu. Avant l'amplification de puissance, le réglage du volume peut être agrémenté par un correcteur physiologique tenant compte de notre perception des fréquences différentes selon l'intensité du son. Le schéma de la figure 3 décrit le principe de fonctionnement du montage attendu.

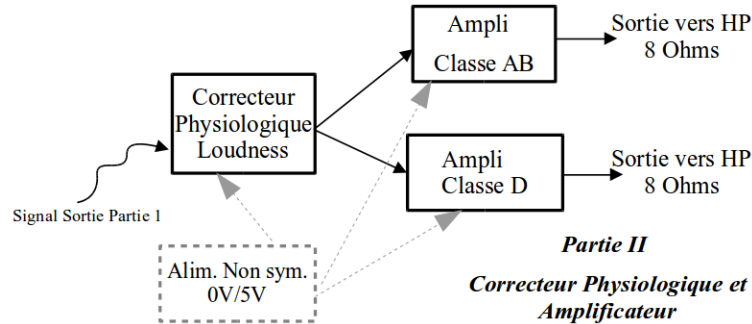


FIGURE 3 – Schéma Bloc de la partie 2 : Correcteur Loudness et Amplification

Après le correcteur Loudness, nous vous proposons de câbler deux types d'amplificateurs.

#### 3.1 Correcteur Loudness

Il existe de nombreux circuits de type Loudness ou correcteur physiologique. Vous allez devoir chercher dans des ouvrages d'électroniques ou sur internet le plus adapté en terme de rapport complexité/fonctionnalité. Quelques indications :

- Chercher un montage passif, sans inductance.
- Chercher le montage le plus simple possible, dont vous êtes capables de comprendre le fonctionnement et calculer la fonction de transfert.
- Ensuite, donner un schéma de montage permettant de réaliser la fonction demandée, et choisir les valeurs de composants appropriées.

#### 3.2 Montage(s) Amplificateur(s)

Le signal désormais parfaitement préamplifié peut être envoyé vers les amplificateurs. Nous avons choisi de vous faire travailler ici avec des composants intégrés. Ils réalisent déjà la fonction souhaitée, selon deux modalités d'amplification, classe AB (TS4871) et classe D (TS4962). Ces deux montages ne feront pas partie de la simulations, il faudra donc prendre un grand soin dans leur préparation :

- Lire les datasheets et expliciter les différences principales entre classe D et classe AB.
- En utilisant les "montages d'applications" indiqués dans les datasheets, proposer des schémas de câblages adaptés à votre situation
- Les deux amplificateurs possèdent une fonction stand-by, il faudra la mettre en œuvre dans vos montages. Une diode indicatrice de cet état ou non pourra être mise en place.

Note : le TS4962 possède une empreinte de très petite taille (type DFN) qui nécessitera une soudure spécifique, des précisions vous seront apportées en séance.



### 3.3 Saisie sous LT-Spice/Kicad et simulation/routage

Réaliser (avant la séance 4) la saisie de votre schéma électronique. Simuler le fonctionnement du montage et adapter les valeurs choisies si nécessaire. Passer ensuite au routage de votre carte PCB. *Penser à la connexion (signal et alimentation) entre vos 2 cartes.*

### 3.4 Soudure, test, et validation du montage global

Les deux dernières séances seront consacrées à la finalisation et au test de votre montage global. Penser également à faire toutes les mesures nécessaires en vue de la rédaction de la notice technique de votre montage, qui pourra prendre comme modèle les Datasheets des composants intégrés que vous avez utilisés lors de ce BE.

***Important : pensez à prévoir sur votre carte un connecteur de sortie "signal" (S1 et GND) et un connecteur de sortie "Alim" (+Vcc, GND).***