

Projet d'Electronique

Amplificateur audio en classe D

1.0 Objectif du projet

- L'objectif du projet est de mettre au point, assembler et tester un montage électronique dont la fonction peut aisément être mise en évidence. Dans la continuité de la formation théorique, le but recherché est de mettre en pratique les connaissances acquises en électronique analogique et numérique, et faire découvrir par l'expérimentation les principales étapes de développement d'un système électronique.

2.0 Présentation du sujet

- Le projet consiste à réaliser un amplificateur audio fonctionnant en classe D. Celui-ci sera capable de piloter un haut-parleur de faible impédance (4Ω), et acceptera en entrée un signal audio fourni par un lecteur quelconque (baladeur MP3, etc.).
- De manière générale, la classe d'un amplificateur de puissance est définie par le mode de fonctionnement de son étage de sortie. Les classes les plus courantes sont dénommées A, B, AB et D.

Classe A - Dans un amplificateur de classe A, les composants de sortie sont toujours passants, tout au long du cycle du signal d'entrée (aussi bien durant les alternances positives que négatives). Ce mode de fonctionnement est celui qui introduit le moins de distorsion, mais en contrepartie il présente un faible rendement car la puissance dissipée dans l'étage de sortie n'est jamais nulle, même si la puissance utile qui doit être fournie à la charge tend vers 0. En terme de qualité audio, c'est donc la meilleure topologie, mais c'est aussi celle qui présente le moins bon rendement $P_{\text{sortie}}/P_{\text{consommée}}$

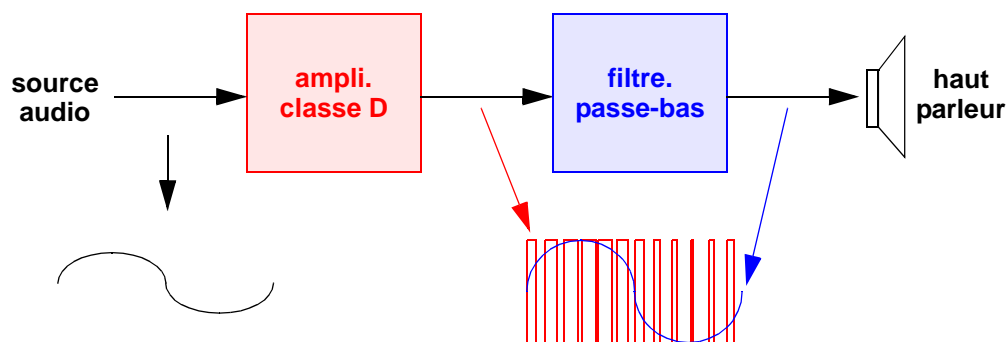
Classe B - Dans ce mode de fonctionnement, certains composants de l'étage de sortie sont actifs uniquement durant les alternances positives du signal à amplifier, tandis que d'autres le sont durant les alternances négatives. Ce principe permet d'obtenir un meilleur rendement que la classe A, mais peut introduire une distorsion du signal lors du point de croisement entre les alternances positives et négatives. Cela est dû au temps que vont mettre certains composants de puissance pour se bloquer alors que d'autres deviennent passants au même moment.

Classe AB - C'est une combinaison des deux modes précédents. Ici, tous les composants de puissance, aussi bien ceux qui amplifient le signal durant les alternances positives que ceux assurant ce rôle durant les alternances négatives, peuvent être actifs simultanément, durant un petit instant lors du passage du signal autour de sa valeur de repos. Ceci permet de corriger le problème de distorsion de la classe B, sans pour autant souffrir de faible rendement de la classe A. Cette topologie est la plus couramment utilisée pour les amplificateurs audio.

remarque: les amplificateurs travaillant en classe A, B ou AB sont dits **linéaires (linear amplifiers)**. La tension aux bornes des composants de puissance suit les variations du signal de sortie.

Classe D - Les composants de puissance sont ici utilisés comme des interrupteurs. Ils passeront alternativement d'un état qui équivaut à un circuit ouvert (donc avec un courant nul et une puissance dissipée nulle) à celui proche d'un circuit fermé (donc avec une tension aux bornes quasi nulle et une puissance dissipée quasi nulle). Le signal audio est utilisé pour moduler le rapport cyclique d'un signal PWM «haute fréquence» (tout au moins au dehors des fréquences audibles), lui-même appliqué aux bornes de la charge (le haut-parleur). Un filtre passif inséré entre l'amplificateur et le haut-parleur permet de supprimer la composante haute fréquence pour ne garder que sa composante moyenne et ainsi restituer le signal audio.

Cette classe d'amplificateur est moins bonne que les précédentes en terme de taux de distorsion, mais c'est par contre la meilleure en ce qui concerne le rendement.



principe de fonctionnement d'un amplificateur en classe D

remarque: les amplificateurs travaillant en classe D sont dits **en commutation (switching mode amplifiers)**. Ce type de structure est de plus en plus utilisé pour les appareils portables (smartphones, etc.) en raison de son bon rendement.

3.0 Cahier des charges

Le système à mettre au point dans le cadre du projet concerne uniquement l'amplificateur. Le filtre passe-bas sera fourni séparément et n'est pas prévu sur le circuit imprimé à assembler.

Le signal PWM sera généré à partir d'un microcontrôleur MICROCHIP référence PIC18F23K20.

Le signal d'entrée pourra être préamplifié grâce à étage utilisant un amplificateur opérationnel référence MCP6274.

L'étage de sortie utilisera des transistors NMOS de puissance référence STP20NF06L. Ces derniers seront pilotés par des drivers IRS2011.

Le montage complet sera alimenté sous deux tensions non symétriques:

- 0 - 3,3 V (microcontrôleur, préampli, etc.),
- 0 - 12 V (étages de puissance).

Le circuit à assembler est un amplificateur mono puisqu'il ne comprend qu'une sortie haut-parleur. Il accepte cependant une entrée stéréo.

Le signal d'entrée proviendra d'une source audio (lecteur MP3, sortie casque de PC, etc.) connectée grâce à une embase jack 3,5 mm..

L'amplificateur sera chargé par un ensemble filtre / haut-parleur (impédance 4 Ω ou 8 Ω).

Le programme du microcontrôleur sera développé en assembleur.

La fréquence du signal PWM n'est pas imposée.

Le nombre de bits pour la résolution du signal audio n'est pas imposé.

Deux pattes du microcontrôleur sont prévues pour pouvoir être configurées en entrées, connectées à un cavalier qui permet de fixer un niveau haut ou bas. Cette option peut être utilisée pour introduire des fonctions laissées au choix des concepteurs (changement de niveau, fonction «mute», etc.).

Proposition d'option n°1: Afin d'entendre l'influence de la fréquence PWM ou du nombre de bits de la résolution, il peut être intéressant de prévoir 2 configurations différentes, et de passer de l'une à l'autre selon la présence ou non d'un cavalier.

Proposition d'option n°2: Afin de réduire encore la consommation de l'ampli, on peut envisager d'arrêter l'activation de l'étage de sortie si aucun signal n'est appliqué en entrée pendant un temps pré-défini.

Toute autre proposition intéressante est bienvenue...

4.0 Matériel fourni en début de projet

1 microcontrôleur PIC18F23K20 + support pour circuit imprimé DIP 28 broches

1 connecteur 6 broches (pour connecter le programmeur PICKit3)

1 quadruple amplificateur opérationnel MCP6274 + support pour circuit imprimé DIP 14 broches

4 transistors de puissance STP20NF06L

2 drivers de MOSFETs IRS2011 + 2 supports pour circuit imprimé DIP 8 broches

1 connecteur jack stéréo 3,5mm

2 cavaliers 2 broches

2 potentiomètres monotour 10 k Ω

2 diodes MURS120 en boîtier CMS (Composant Monté en Surface, ou Surface Mounted Device)

6 résistances 10 Ω en boîtier CMS

1 condensateur 1 nF non polarisé en boîtier CMS

1 condensateur 2,2 nF non polarisé en boîtier CMS

2 condensateurs 330 nF non polarisés en boîtier CMS

4 condensateurs 100 nF non polarisés

2 condensateurs 1 μ F polarisés

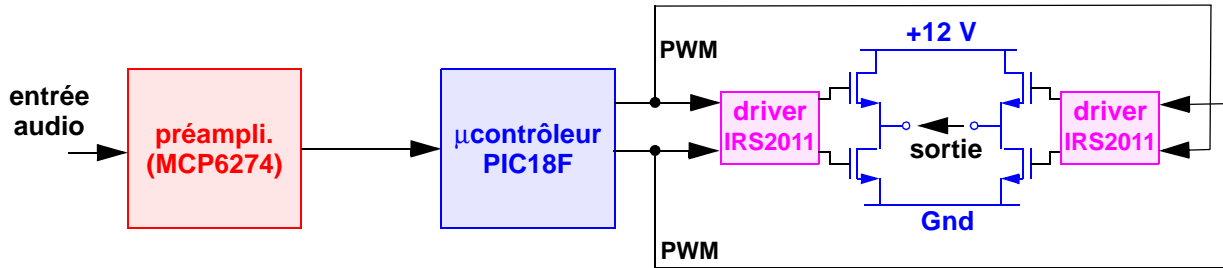
2 condensateurs 100 μ F polarisés

1 condensateur 470 μ F polarisé

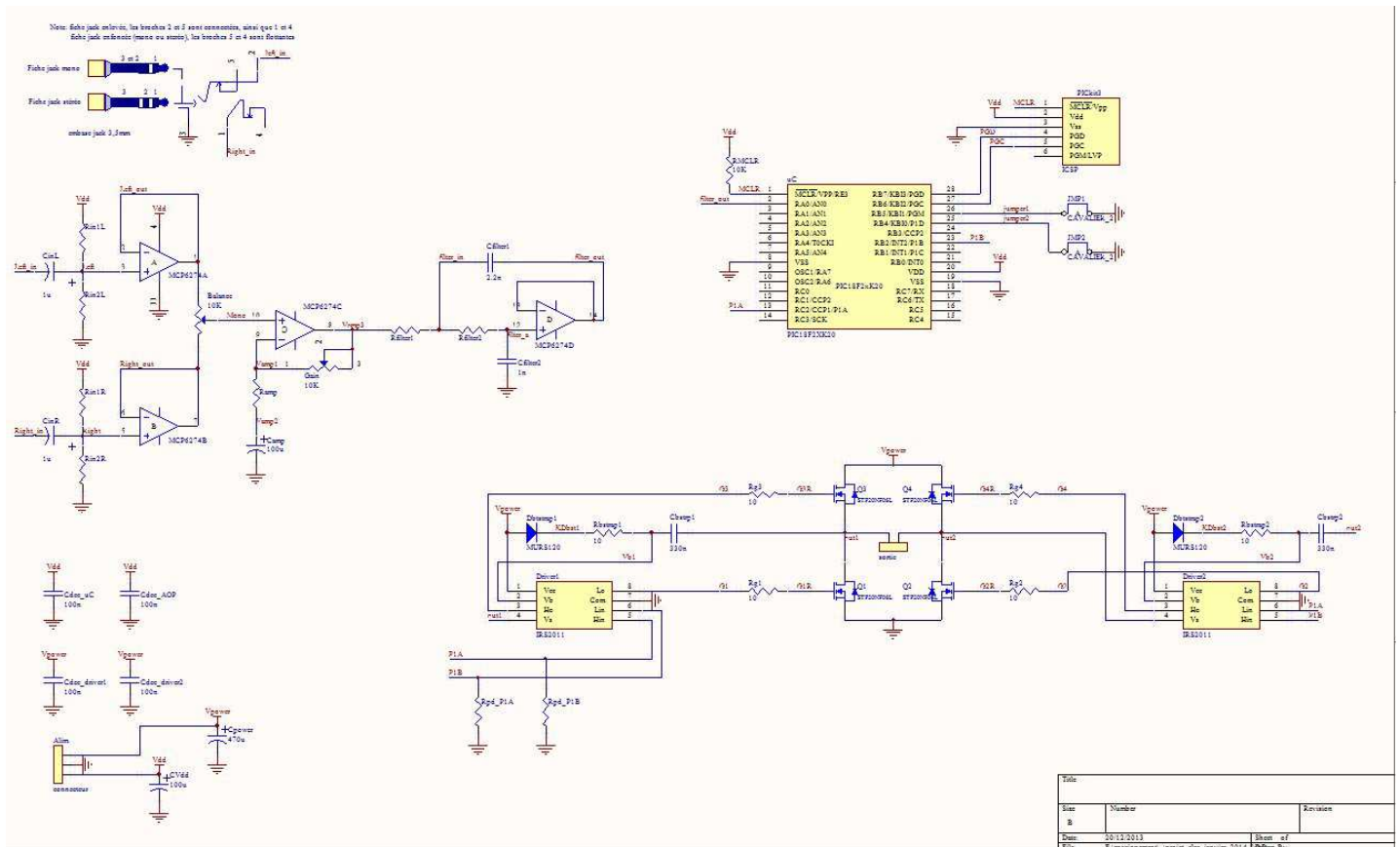
1 circuit imprimé (double face, trous métallisés)

5.0 Schéma électrique

Le schéma synoptique du montage est le suivant:

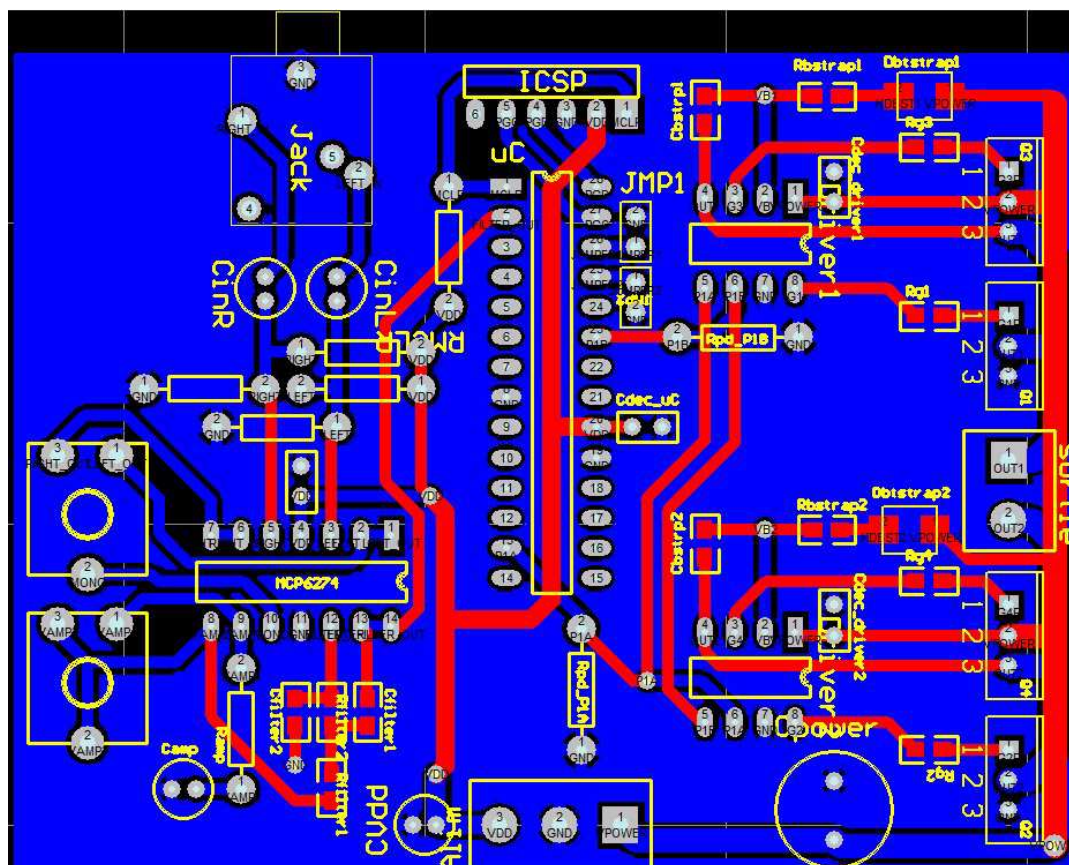


Le schéma électrique complet est le suivant (également disponible sur le campus):

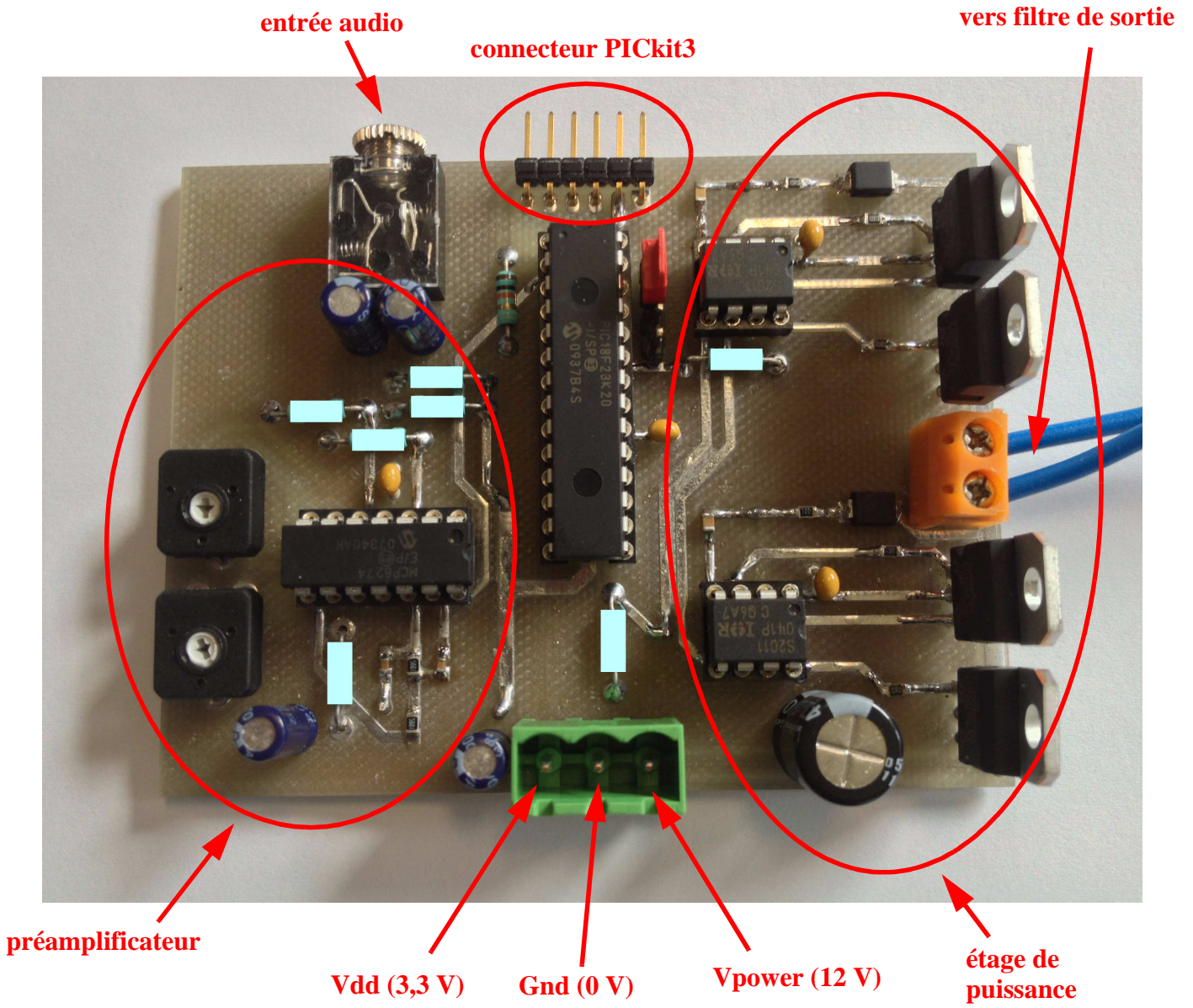


6.0 Circuit imprimé

L'implantation des composants sur le circuit imprimé est la suivante:

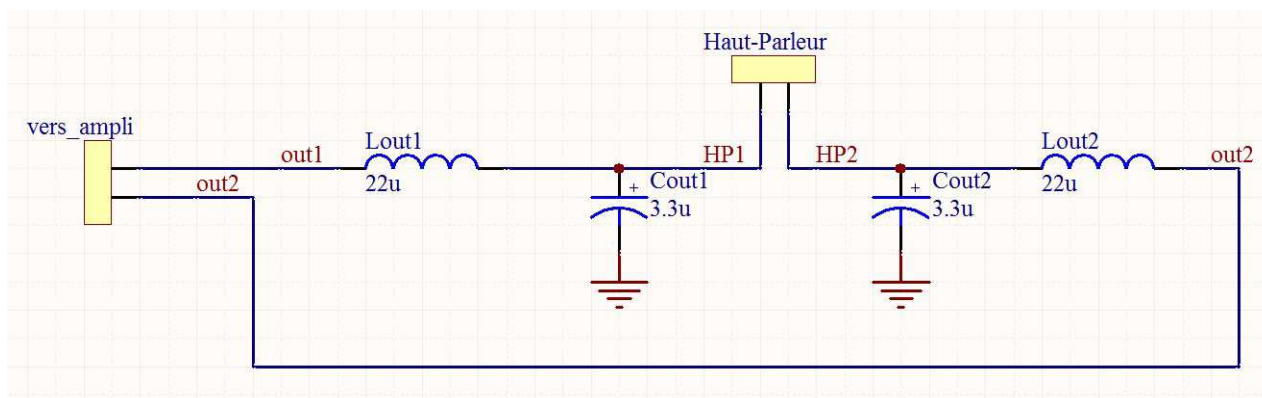


Le schéma d'implantation est également disponible sur le campus.



7.0 Filtre de sortie

Pour information, le schéma électrique du filtre de sortie est le suivant:



8.0 Méthodologie - Validation

La structure du montage n'est pas à concevoir: elle vous est donnée, mais c'est à vous de comprendre le principe de fonctionnement et d'expliquer le rôle des différents éléments.

Les valeurs des capacités sont fixées. **Attention au sens de montage des condensateurs polarisés!**

Les valeurs des résistances sont à déterminer.

Au final, le circuit sera monté sur un circuit imprimé double face (fourni en début de projet).

Vous devez mettre au point le montage et dimensionner les différentes parties afin de remplir la fonction souhaitée.

Remarques: - Il est déconseillé de souder les composants sur le circuit imprimé en tout début de projet: il est plus pratique de dimensionner et tester les différentes parties en utilisant les plaquettes d'essai.

- De même, pour la mise au point du système, il sera plus aisé d'observer le fonctionnement du montage en appliquant un signal d'entrée issu d'un générateur de tension et en pilotant par exemple une simple résistance.

- Il est déconseillé de tester le programme du microcontrôleur «d'un seul bloc». Mieux vaut développer des programmes simples de test qui seront faciles à valider avant de les compléter.

Le compte-rendu est à faire sur le cahier de TP. C'est là que vous devez expliquer les tests effectués, montrer la démarche utilisée pour dimensionner les différentes parties, et reporter les performances finales obtenues. Pensez à évaluer le coût du montage dans le compte-rendu.

En fin de projet, une validation du circuit sera effectuée avec l'un des encadrants: vous présenterez et expliquerez le dimensionnement de votre montage durant la phase de recette. A vous de montrer de la façon la plus convaincante que votre système fonctionne correctement et que vous avez compris le rôle de tous les éléments.