

Techniques de Conception Électronique

TP Rapport : Générateur basses fréquences

Présenté par :

Mallem Mouloud Rayan

Supervisé par :

Addouche mahmoud

01 Décembre 2024



Contents

0.1	Introduction:	3
1	Notion utile	6
1.1	Signal	6
1.1.1	Caractéristiques principales :	6
1.1.2	Types de signaux	6
1.2	Oscillateurs	7
1.2.1	Types de oscillateurs	7
1.2.2	POURQUOI UTILISER UN OSCILLATEUR RC POUR UN GBF BASSE FREQUENCE	7
1.3	Potentiomètre	9
1.3.1	Utilité d'un potentiomètre dans un projet de GBF	9
1.4	Amplificateur Operationnel (Parfait)	10
1.4.1	Hypothèses d'un AOP parfait :	10
1.4.2	Fonctionnement Non linéaire	10
1.4.3	Condition de basculement	11
1.4.4	Fonctionnement linéaire	11
1.4.5	Condition pour le mode linéaire	12
2	Etude Theorique du circuit	13
2.1	Les différents circuits avec amplificateur opérationne	13

2.1.1	Etude du circuit astable :	13
2.1.2	Etudes de circuit integrateur	15
2.1.3	Etudes de circuit inverseur	16
3	Réalisation du circuit	18
3.1	Création du shéma avec Kicad	18
3.2	Création du circuit avec Kicad	20
3.3	Placement et soudage des composantes	21
4	Analyse du circuit	24
4.1	Analyse des blocs fonctionnels principaux)	24
4.1.1	Oscillateur RC)	24
4.1.2	Amplificateurs opérationnels (AOP TL071)	24
4.2	Circuit astable	24
4.2.1	Rôle	24
4.2.2	Principe de fonctionnement	24
4.3	circuit integrateurs(AOP2	25
4.3.1	Rôle	25
4.3.2	Principe	25
4.4	Circuits inverseurs	25
4.4.1	Role	25
4.4.2	Principe de fonctionnement	25
4.5	Analyse des blocs de circuit du chaque AOP	25
4.5.1	Signal carré AOP1	25
4.5.2	Analyse	26
4.5.3	Graphique	26
4.5.4	Signal triangulaire AOP2	27

4.5.5	Analyse :	27
4.5.6	Graphique :	28
4.5.7	Signal triangulaire amplifié AOP3 :	28
4.5.8	Analyse :	29
4.5.9	Graphique :	29
4.5.10	Signal sinoisidal AOP4 :	30
4.5.11	Analyse :	30
4.5.12	Graphique :	30
4.5.13	Signal sinusoidal amplifié AOP5 :	31
4.5.14	Analyse :	31
4.5.15	Graphique :	32
4.6	Choix des composants	33
5	Conclusion	36
6	Annexes	38

0.1 Introduction:

En électronique, chaque circuit nécessite un générateur pour fonctionner. Ces générateurs jouent un rôle essentiel, car ils permettent de fournir un signal d'entrée aux circuits pour tester leur comportement ou simuler des conditions spécifiques. Les circuits électroniques, en retour, produisent un signal de sortie en fonction des caractéristiques du signal d'entrée. Pour ces tests, on utilise différents types de signaux, tels que les signaux carrés, sinusoïdaux ou triangulaires, chacun ayant des applications spécifiques dans l'analyse des circuits.

Afin de rendre ces tests plus précis et adaptables, les générateurs permettent d'ajuster plusieurs paramètres, notamment la fréquence et l'amplitude du signal.

La maîtrise de ces réglages est cruciale pour répondre aux exigences des applications pratiques, qu'il s'agisse de tester des composants, de développer des systèmes électroniques, ou encore d'effectuer des recherches en ingénierie.

Dans le cadre de ce projet, nous avons conçu et réalisé un générateur basse fréquence (GBF). Cet appareil est capable de fournir des tensions ou des courants de faible fréquence, avec une amplitude réglable, et constitue un outil indispensable pour tester et analyser des circuits électroniques dans des environnements contrôlés. Étapes de conception :

La réalisation de ce générateur a nécessité plusieurs étapes :

Étude des notions théoriques : Une compréhension approfondie des signaux, des oscillateurs et des amplificateurs a été essentielle pour établir les bases de la conception. Nous avons étudié les composants nécessaires, tels que les résistances, condensateurs, amplificateurs opérationnels et oscillateurs, pour concevoir un circuit capable de générer des signaux précis.

Conception du circuit imprimé (PCB) : Une fois le schéma du circuit validé, nous avons développé un PCB (Printed Circuit Board), qui permet d'intégrer les composants de manière organisée et fonctionnelle. Le PCB a été conçu avec un logiciel de CAO (Conception Assistée par Ordinateur), en prenant soin d'optimiser l'agencement des pistes pour minimiser les interférences et garantir la stabilité du signal.

Fabrication et soudage : La réalisation pratique a impliqué la fabrication du PCB, suivie de l'assemblage des composants électroniques. Le soudage précis des composants sur le PCB a été une étape clé, car il garantit la fiabilité du circuit et sa durabilité. Des techniques de soudage manuel et, dans certains cas, automatisé ont été utilisées pour assurer des connexions électriques solides.

Tests et calibrations : Après l'assemblage, des tests rigoureux ont été ef-

fectués pour s'assurer que le générateur produisait des signaux conformes aux spécifications. Des ajustements ont été réalisés pour optimiser les performances et vérifier la fiabilité de l'appareil dans diverses conditions.

Chapitre 1: Notion utile

1.1 Signal

Un signal est une variation d'une grandeur physique (comme la tension, le courant, la température, la pression, ou encore la lumière) qui évolue au cours du temps ou dans l'espace. En électronique et en traitement du signal, un signal représente souvent une information codée sous forme d'une fonction mathématique.

1.1.1 Caractéristiques principales :

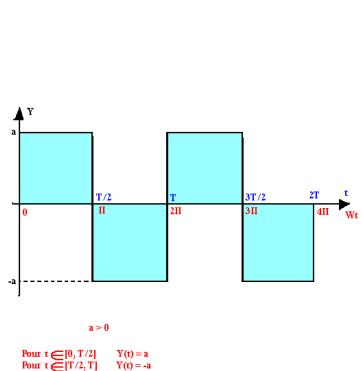
Amplitude : La valeur maximale ou minimale atteinte par le signal.

Fréquence : Le nombre de cycles ou d'oscillations par seconde mesuré en Hertz

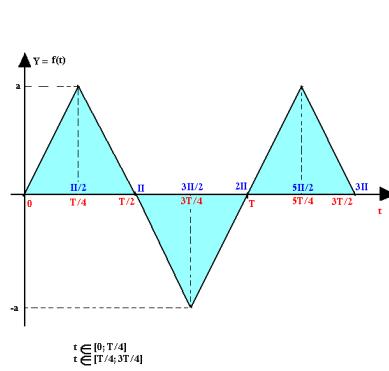
Période : La durée d'un cycle complet (l'inverse de la fréquence).

Phase : Le décalage temporel entre deux signaux de même fréquence.

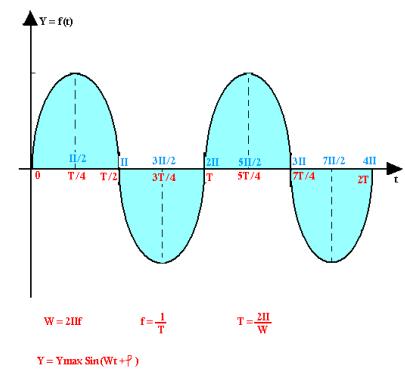
1.1.2 Types de signaux



(a) Signal carré



(b) Signal triangulaire 1



(c) Signal triangulaire 2

Figure 1.1: Comparaison des signaux

1.2 Oscillateurs

Un oscillateur est un composant clé dans la conception d'un générateur de signaux. Il permet de produire un signal périodique de manière autonome, sans besoin d'un signal d'entrée externe. Les oscillateurs sont utilisés pour générer des ondes sinusoïdales, carrées ou triangulaires, qui sont essentielles pour tester et analyser les circuits électroniques.

1.2.1 Types de oscillateurs

Il existe plusieurs types d'oscillateurs, tels que les oscillateurs RC, LC, à quartz ou numériques. Cependant, l'oscillateur RC est le plus couramment utilisé dans les projets de générateurs basse fréquence (GBF).

1.2.2 POURQUOI UTILISER UN OSCILLATEUR RC POUR UN GBF BASSE FREQUENCE

Plage de fréquences adaptée : Les oscillateurs RC sont parfaitement adaptés pour des fréquences basses, généralement de quelques Hertz (Hz) à plusieurs kilohertz (kHz).

Réglage facile de la fréquence : La fréquence de l'oscillateur RC peut être ajustée simplement en modifiant les valeurs des résistances ou des condensateurs.

Limites de l'oscillateur RC : Moins précis et moins stable qu'un oscillateur à quartz.

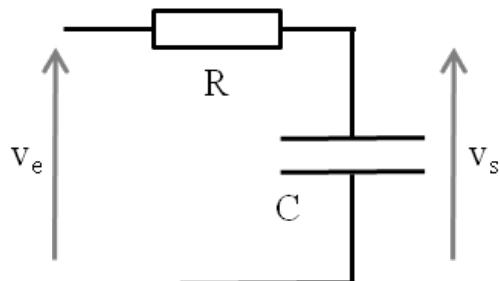


Figure 1.2: Circuit RC

Démonstration Théorique :

$$\begin{cases} V_e(t) + I(t)R + V_s = 0, \\ I(t) = C \cdot \frac{dV_s}{dt}. \end{cases}$$

En remplace l'équation 2 sur 1

$$\begin{cases} V_e(t) + C \cdot \frac{dV_s}{dt} + V_s = 0, \end{cases}$$

En remplace RC par τ l'équation deviendra :

$$\begin{cases} \tau \cdot \frac{dV_s}{dt} + V_s = V_e(t), \end{cases}$$

Equation différentielle avec A constante

$$\begin{cases} V_s(t) = A \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) + V_e(t) \\ V_s(0) = A + V_e \rightarrow A = -V_e \\ V_s = V_e(1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)) \end{cases}$$

Avec cette démonstration, on peut admettre que le temps de charge du condensateur varie selon la valeur de la résistance plus la résistance est grande, plus elle met du temps et inversement.

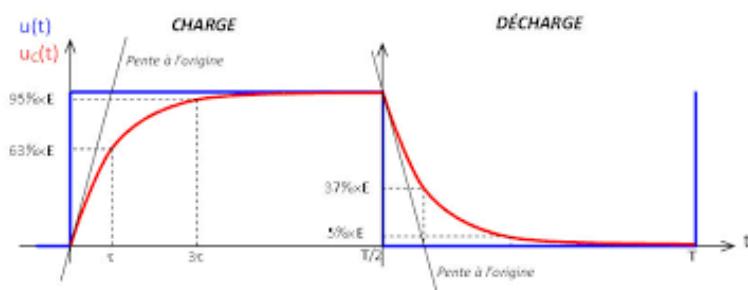


Figure 1.3: Graphique de charge et décharge d'un condensateur

1.3 Potentiomètre

Un potentiomètre est un composant électronique passif qui agit comme un diviseur de tension réglable. Il est constitué de trois bornes :

- 1- Deux bornes fixes aux extrémités d'une résistance.
- 2- Une borne mobile appelée curseur, qui permet de modifier la résistance effective entre les bornes fixes et la borne mobile.



Figure 1.4: Potentiomètre

1.3.1 Utilité d'un potentiomètre dans un projet de GBF

Dans un générateur basse fréquence (GBF), le potentiomètre est un composant essentiel pour régler certains paramètres, cependant dans ce projet en l'utilise pour

Réglage de la fréquence : Dans un oscillateur RC (utilisé dans de nombreux GBF), la fréquence de sortie dépend des valeurs de RR et CC. En intégrant un potentiomètre à la place d'une résistance fixe, il est possible de régler dynamiquement la fréquence du signal généré. Formule de la fréquence dans un oscillateur RC : $f = 12RC$ $f = 2RC1$ Où RR peut être ajusté grâce au potentiomètre.

Réglage de l'amplitude du signal : En utilisant un potentiomètre dans le circuit de sortie, il est possible de contrôler l'amplitude du signal (tension de sortie). Cela permet d'adapter le signal aux besoins du circuit testé.

1.4 Amplificateur Opérationnel (Parfait)

Un amplificateur opérationnel (ou AOP) est un composant électronique analogique très polyvalent utilisé pour amplifier, filtrer, et traiter des signaux électriques. C'est un circuit intégré qui possède généralement deux entrées (inversée et non-inversée) et une sortie unique qui demande une alimentation externe de $+V_{cc}$ - $-V_{cc}$ pour fonctionner et pour ce projet on va utiliser le **TL071**.

Un AOP parfait a deux types de fonctionnement dépendent de tension d'entrée

1.4.1 Hypothèses d'un AOP parfait :

1- Gain différentielle infini

$$A \rightarrow \infty$$

Cela signifie que la moindre différence entre les tensions d'entrée provoque un basculement rapide de la sortie.

2- Impédance d'entrée infinie : Aucun courant n'entre dans les bornes $+/-$.

3- Impédance de sortie nulle : La sortie peut fournir toute tension sans perte.

4- Bande passante infinie : La réponse est instantanée, sans retard.

1.4.2 Fonctionnement Non linéaire

En mode non linéaire, un amplificateur opérationnel (AOP) fonctionne en dehors de sa plage linéaire. Cela signifie que la sortie de l'AOP atteint rapidement l'une de ses limites (saturation positive ou négative). Le comportement non linéaire est généralement exploité dans des applications spécifiques comme les comparateurs, les oscillateurs, ou les circuits à seuil.

En mode non linéaire, l'AOP agit comme un composant "tout ou rien" où la sortie passe directement à ses limites maximales ou minimales. Ce comportement se produit lorsque : $V_{out} = \pm V_{sat}$

V_{sat} est la tension de saturation (en général proche de la tension d'alimentation de l'AOP).

1.4.3 Condition de basculement

Lorsque le produit $A(V^+ - V^-)$ dépasse V_{out} , la sortie est saturée :

$$V_{out} = \begin{cases} +V_{sat} & \text{si } V^+ > V^-, \\ -V_{sat} & \text{si } V^+ < V^-. \end{cases}$$

Contre-réaction positive

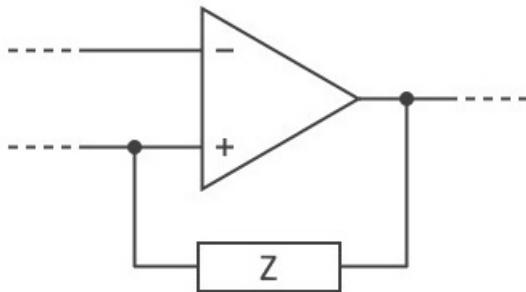


Figure 1.5: Figure contre réaction positif

1.4.4 Fonctionnement linéaire

En mode linéaire, un amplificateur opérationnel (AOP) fonctionne dans une plage de tension où la sortie est proportionnelle à l'entrée. Cela signifie que l'AOP amplifie les différences de tension entre ses deux entrées (++ non inversée et inversée) sans atteindre la saturation.

1.4.5 Condition pour le mode linéaire

1- Plage de fonctionnement : Aucun courant n'entre dans les bornes $+/-$.

2- Tension différentielle très faible : La sortie peut fournir tension sans perte.

Gain élevé : La réponse est instantanée, sans retard.

La sortie de l'AOP en mode linéaire est donnée par :

$$\left\{ \begin{array}{l} V_{out} = A(V^+ - V^-) \end{array} \right.$$

ou

- V_+ : Tension à l'entrée non-inversée,
- V_- : Tension à l'entrée inversée,
- A : Gain différentiel de l'AOP.
- En général, on dit que l'amplificateur opérationnel fonctionne en régime linéaire lorsqu'il y a contre réaction négative, on dit alors que $V^+ = -V^-$
- On peut aussi voir un Ampli OP en double contre réaction qui fonctionne dans les deux cas.

Contre-réaction négative

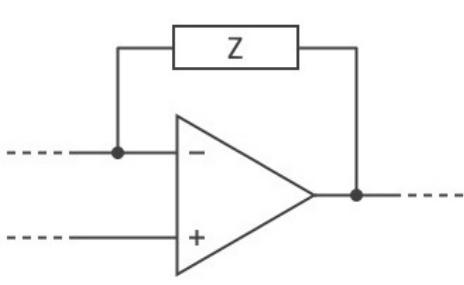


Figure 1.6: Contre réaction négative

Contre-réaction bilatérale

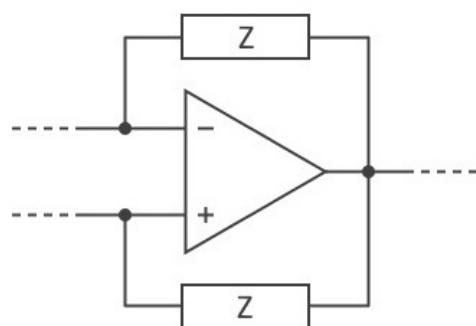


Figure 1.7: Contre réaction bilatérale

Chapitre 2: Etude Theorique du circuit

2.1 Les différents circuits avec amplificateur opérationne

Nous avons reçu un schéma (27) avec le circuit qui va nous servir à faire notre GBF, dans ce schéma on distingue 3 types de circuits avec amplificateur. Un circuit astable qui va nous délivrer un signal carré grâce à un potentiomètre qu' on pourra faire varier pour la fréquence mais pas pour l'amplitude. De plus il y a deux circuits intégrateurs qui vont nous permettre d'avoir un signal triangulaire puis un signal sinusoïdal, et enfin deux circuits inverseurs qui vont nous servir à diminuer ou augmenter l'amplitude de nos signaux.

2.1.1 Etude du circuit astable :

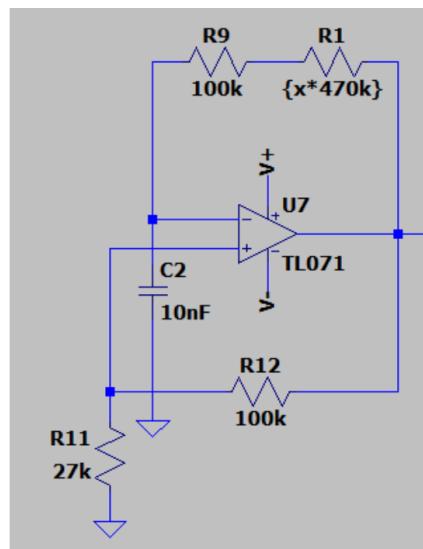


Figure 2.1: Figure circuit astable

Pour le contre courant en positif on utilise Milleman dans ce cas $V+ = \pm V_{\text{seuil}}$:

$$\begin{cases} V^+ = \frac{\frac{0}{R_{11}} + \frac{V_s}{R_{12}}}{\frac{1}{R_{11}} + \frac{1}{R_{12}}} \\ \pm V_{\text{seuil}} = V_s * \frac{R_{12}}{R_{12} + R_{11}} \end{cases}$$

On connaît maintenant notre tension de seuil donc $\pm V_{\text{seuil}}$. V_{seuil} est la tension du circuit pour que l'AOP passe de V_{cc} à $-V_{\text{cc}}$ et inversement.

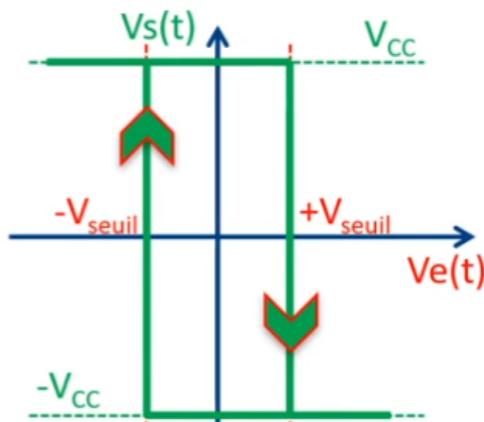


Figure 2.2: Fonctionnement de la branche à contre courant positive

Pour faire varier notre tension V_{cc} , car elles sont en lien, on ajoute un circuit RC en contre-courant négatif, s'il ne serait pas là, on ne pourrait pas faire varier notre tension V_{cc} . Ve est la tension d'entrée au niveau du condensateur.

$$\left\{ \begin{array}{l} \tau \cdot \frac{dV_e}{dt} + V_e = V_{cc}, \\ V_e(t) = A \exp\left(\frac{-t}{\tau}\right) + V_{cc} \\ V_e(0) = -V_{seuil} = A \exp(0) + V_{cc} = -V_{seuil} = A + V_{cc} \\ A = -(V_{seuil} + V_{cc}) \\ V_e(t) = -(V_{seuil} + V_{cc}) \exp\left(\frac{-t}{\tau}\right) + V_{cc} \end{array} \right.$$

Avec cette équation on peut connaître le temps de charge du condensateur ainsi que le temps de sa décharge. T_c =temps de charge.

$$\left\{ \begin{array}{l} V_e(T_c) = -(V_{seuil} + V_{cc}) \exp\left(\frac{-T_c}{\tau}\right) + V_{cc} = +V_{seuil} \\ V_{cc} - V_{seuil} = (V_{seuil} + V_{cc}) - \frac{-T_c}{\tau} + V_{cc} \\ \ln\left(\exp\left(\frac{-T_c}{\tau}\right)\right) = \ln\frac{V_{cc}-V_{seuil}}{V_{cc}+V_{seuil}} \\ T_c = \tau \ln\frac{V_{cc}+V_{seuil}}{V_{cc}-V_{seuil}} \end{array} \right.$$

Le temps de charge et de décharge étant le même, une période est donc $2*T_c$, si on veut la fréquence $F=1/2*T_c$.

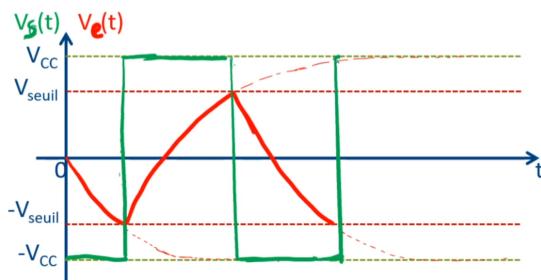


Figure 2.3: Tension de sortie en fonction du condensateur

2.1.2 Etudes de circuit intégrateur

On ne prendra pas R_4 pour simplifier le calcul car il s'annulerait.

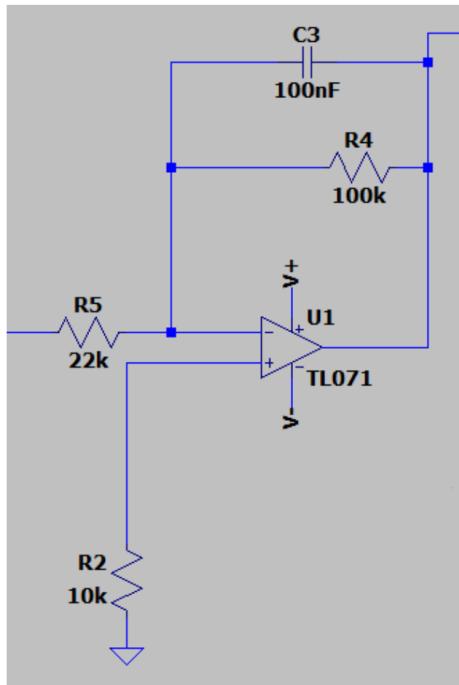


Figure 2.4: schéma circuit intégrateur

$$\left\{ \begin{array}{l} I(t) = C * \frac{dV_c}{dt} \\ V_e - R_5 * I(t) = 0 \rightarrow I(t) = \frac{V_e}{R_5} \\ V_s(t) + V_c(t) = 0 \Rightarrow V_c(t) = -V_s(t) \\ \frac{V_e}{R_5} = C * \frac{dv_e(t)}{dt} = -C * \frac{dV_s(t)}{dt} \\ dV_s(t) = -\frac{1}{R_5 * C} * V_e(t) \\ \int dV_s(t) = -\frac{1}{R_5 * C} * \int V_e(t) \\ V_s(t) = V_s(t_0) - \frac{1}{R_5 * C} * \int V_e(t) \end{array} \right.$$

2.1.3 Etudes de circuit inverseur

Dans un contre-courant négatif on sait que $V^+ = V^-$, donc dans notre cas on peut dire que $V^+ = 0$

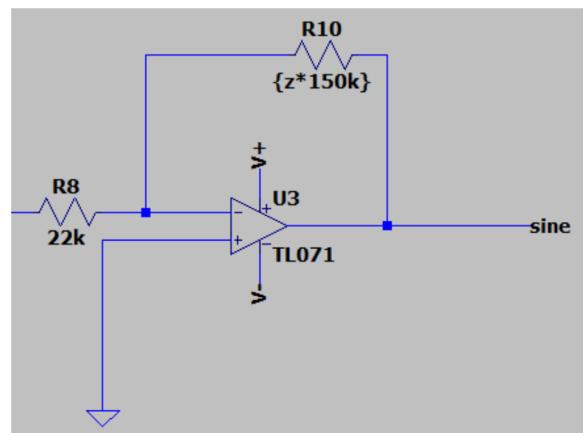


Figure 2.5: Circuit inverseur

$$\begin{cases} 0 = \frac{\frac{V_s}{R_{10}} + \frac{V_e}{R_8}}{\frac{1}{R_{10}} + \frac{1}{R_8}} \\ 0 = \frac{V_s}{R_{10}} + \frac{V_e}{R_8} \\ V_s = -\frac{R_{10}}{R_8} * V_e \end{cases}$$

Chapitre 3: Réalisation du circuit

3.1 Crédation du schéma avec Kicad

KiCAD est un logiciel dédié à la conception de cartes électroniques, permettant de modéliser un circuit imprimé et d'en tester les performances et le bon fonctionnement avant une mise en pratique physique. Sur ce logiciel nous avons recréé le schéma précédemment donné avec des vrais composants qui existent puis désigné des empreintes à ces composants pour placer les tiges de la résistance ou du condensateur et les pattes des amplificateurs opérationnels. Une empreinte est un trou dans la carte entouré de cuivre ou de matériaux conducteurs reliés à des pistes qui ont la même fonction qu'un fil.

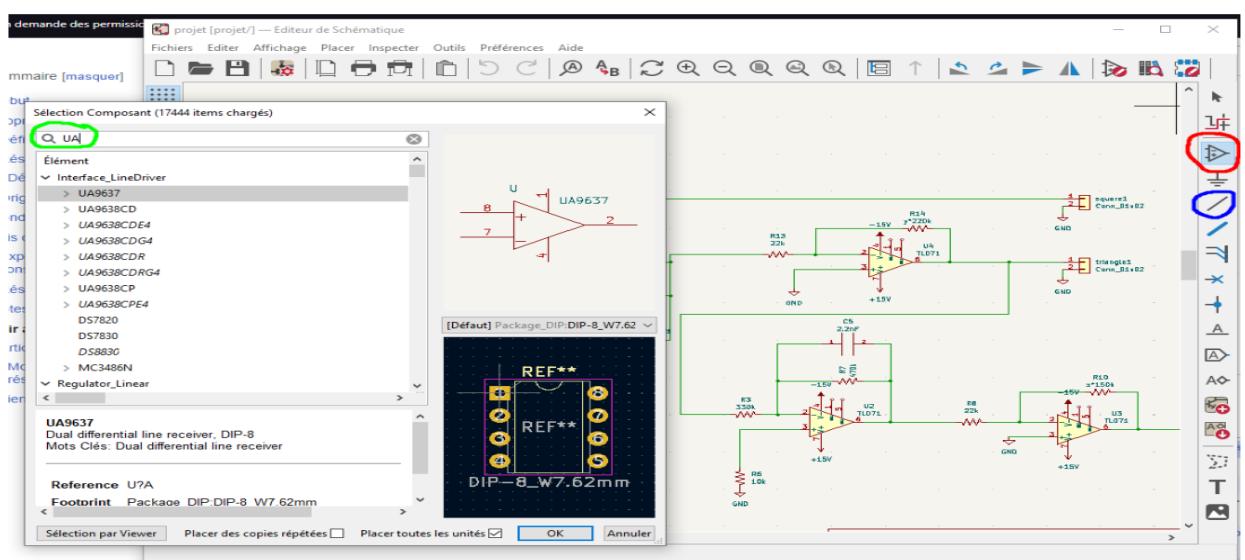


Figure 3.1: installation des composants

Dans un premier temps on va dans l'onglet entouré en rouge cela va nous donner la liste de tous les composants sur Kicad, dans la barre de recherche entourée en vert, on peut écrire la référence de notre composant, une fois ceux-ci trouvés, on les relis grâce à des fils créés par l'onglet entouré en bleu. Ensuite on clique droit sur les composants pour leurs donner un nom et une valeur. Fin de la première étape.

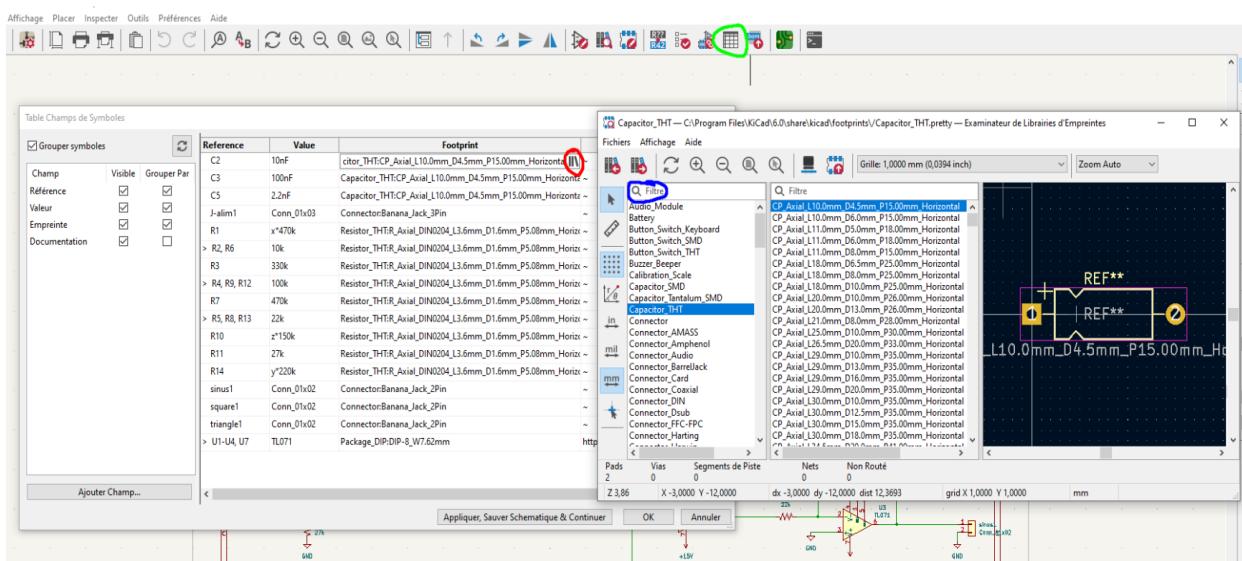
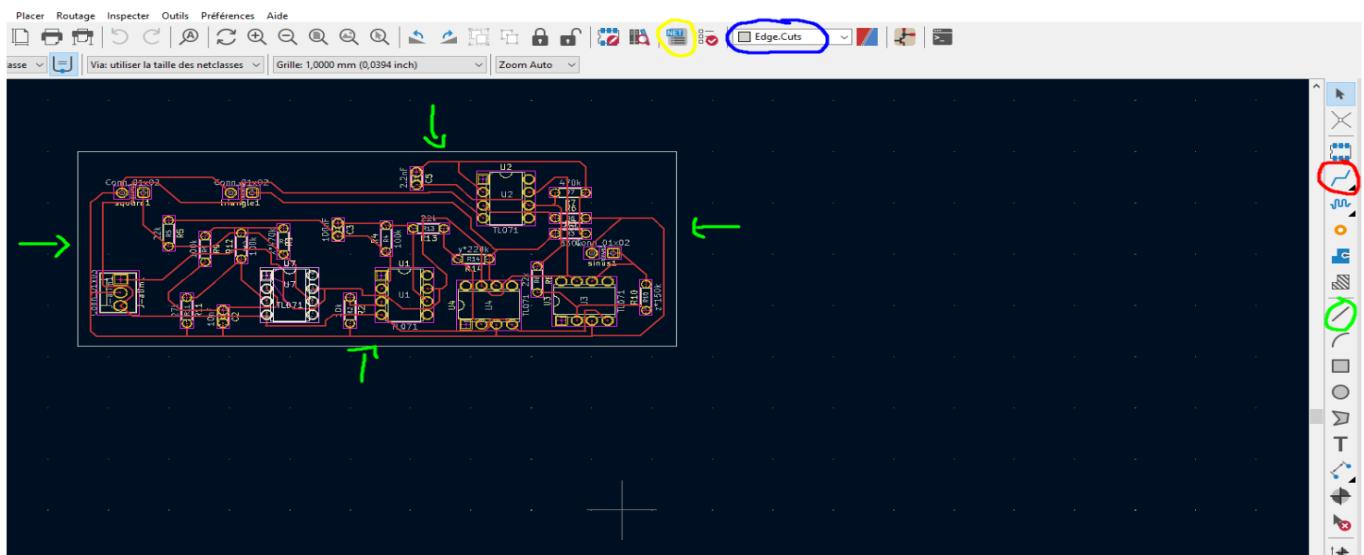


Figure 3.2: Affiliation des empreintes

Si la première étape a bien été faite, en cliquant sur l'onglet entouré en vert on doit retrouver une liste avec le nom des composants et leurs valeurs. Pour affilier une empreinte, il faut maintenant cliquer sur l'onglet entouré en rouge cela vous donnera une nouvelle fenêtre avec une liste d'empreinte, il faudra alors pour chaque composant lui en donner en recherchant sur la barre de recherche en bleu. Une fois terminé, générer une Netliste. Fin de la création du schéma.

3.2 Crédation du circuit avec Kicad

Une fois le lancement de l'onglet appelé PCB, une fenêtre s'ouvre et la partie la plus complexe commence. Dans premier temps, choisir une grille de 1mm, puis il faudra dans l'onglet en Bleu



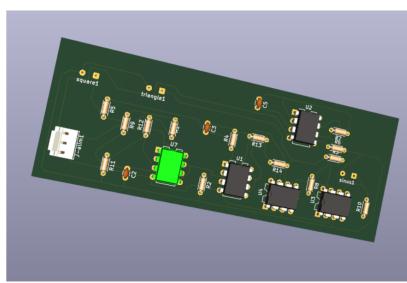


Figure 3.4: (a) maquette en 3D

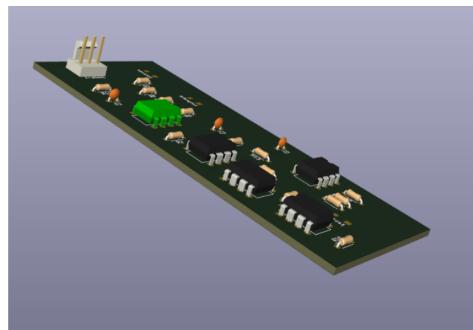


Figure 3.5: (b) maquette en 3D

3.3 Placement et soudage des composantes

Un circuit imprimé déjà fait avec le routage et les empreintes faites nous a été mis à notre disposition, avec en plus une enveloppe contenant les composants.

Pour commencer, on a trié les résistances par valeurs grâce aux codes couleurs(29) et dans un deuxième temps les condensateurs, on peut les différencier grâce aux puissances notées dessus (on part du picofarad 10puissance-12) sur un des condensateur il est écrits 10puissance3, ce qui revient à 10nf donc C2 .Les composants étant triés avec l'aide d'un plan donné et le schéma(30) crée sur Kicad (28), on place nos composants dans leurs empreintes respectives sur la face qui n'a pas les pistes de cuivre. Cela sera plus facile pour le soudage.Les amplificateurs étant les mêmes, on les place dans le bon sens selon les bornes Vcc- et Vcc+ qui viennent de notre alimentation. Les résistances R1, R14 et R10 sont remplacées par des potentiomètres et les sorties (square, triangle et sinus) par un fil rouge représentant la phase et noir représentant le neutre. Nos composants étant positionnés, on peut souder.

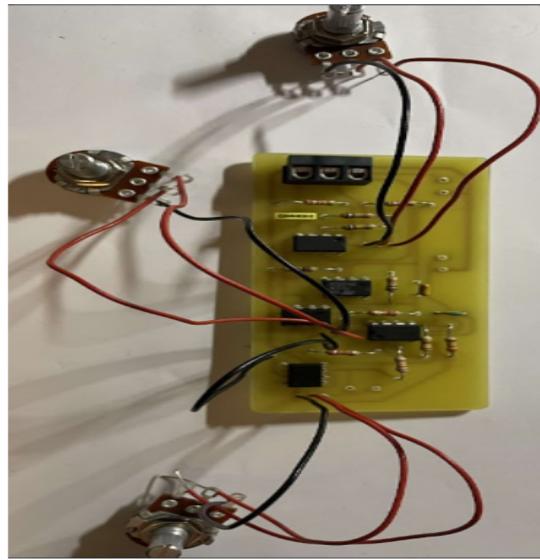


Figure 3.6: Carte avec tous les composants

La soudure se fera avec de l'étain, c'est un métal conductible qui devient liquide à température raisonnable environ 163 degrés. Pour une bonne soudure, on colle le fer à souder une fois chaud sur le cuivre (empreinte) et sur la tige de la résistance (électrode) et on vient poser un peu d'étain à l'autre extrémité puis on retire rapidement l'étain et le fer. Voir image si dessous d'une bonne soudure.

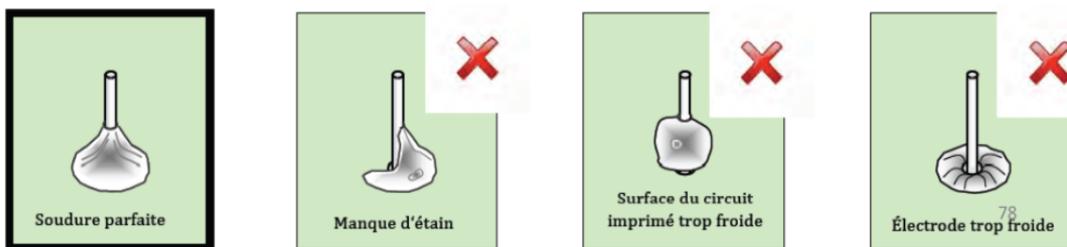


Figure 3.7: Schéma montre les différentes soudures

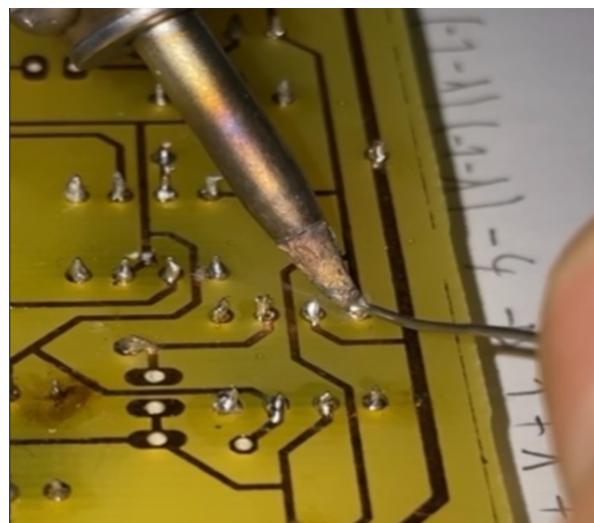


Figure 3.8: Photo d'une soudure

Une fois le circuit soudé, on peut tester nos soudures avec un multimètre, en touchant les soudures d'une résistance avec celui-ci, si la valeur est de zéro cela veut dire que la soudure est mal faite.

Chapitre 4: Analyse du circuit

4.1 Analyse des blocs fonctionnels principaux)

4.1.1 Oscillateur RC)

Role : C'est le cœur du générateur basse fréquence. Il crée un signal périodique brut (généralement carré) en alternant entre deux états (oscillations).

4.1.2 Amplificateurs opérationnels (AOP TL071)

Role: Stabiliser les signaux, ajuster l'amplitude, et transformer les formes d'onde.

4.2 Circuit astable

4.2.1 Rôle :

Génère le signal carré, utilisé comme point de départ pour créer les autres formes d'onde.

4.2.2 Principe de fonctionnement :

- Utilise un contre-courant positif pour maintenir les oscillations.
- La tension de seuil (V_{seuil}) détermine le point où l'AOP bascule entre $+V_{cc}$ et $-V_{cc}$.
- La fréquence est contrôlée par le réseau RC.

4.3 circuit intégrateurs(AOP2)

4.3.1 Rôle :

Transformer un signal carré en signal triangulaire, puis en signal sinusoïdal.

4.3.2 Principe :

- Le circuit utilise un condensateur pour intégrer le signal d'entrée (somme des tensions au fil du temps).
- Un signal triangulaire est obtenu en intégrant un signal carré.
- Un signal sinusoïdal est obtenu en intégrant davantage et en filtrant les hautes fréquences.

4.4 Circuits inverseurs

4.4.1 Role :

Ajuster l'amplitude des signaux générés.

4.4.2 Principe de fonctionnement :

- Un AOP en configuration inverseur modifie le gain en fonction du rapport des résistances R_f/R_{in} .
- Permet d'augmenter ou de diminuer l'amplitude en fonction des besoins.

4.5 Analyse des blocs de circuit du chaque AOP

4.5.1 Signal carré AOP1 :

Lors de la sortie du premier AOP, nous avons constaté un signal carré. Bien que l'amplitude de ce signal soit restée stable, la fréquence variait selon la position du potentiomètre.

4.5.2 Analyse :

- Lorsque le potentiomètre était réglé à sa valeur minimale, la fréquence était faible, ce qui reflétait un temps de commutation prolongé entre les transitions haut et bas du signal carré.
- Aux réglages de 25,50 et à la valeur maximale, nous avons observé une augmentation progressive de la fréquence.
- L'amplitude, quant à elle, demeurait inchangée, correspondant à l'alimentation utilisée (+15 V et -15 V).

4.5.3 Graphique :

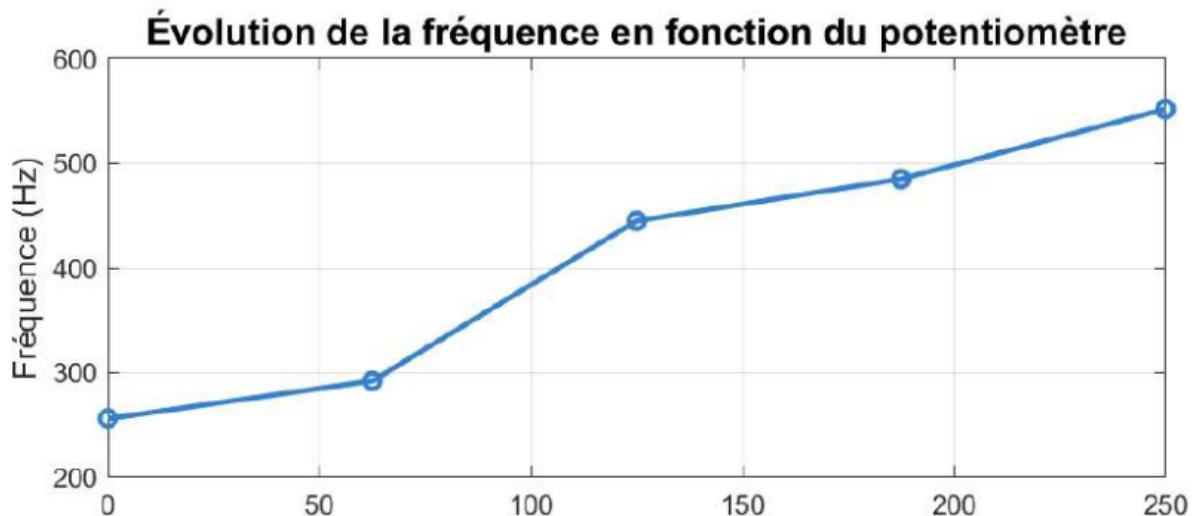


Figure 4.1: Fréquence en fonction de valeurs de potentiomètre

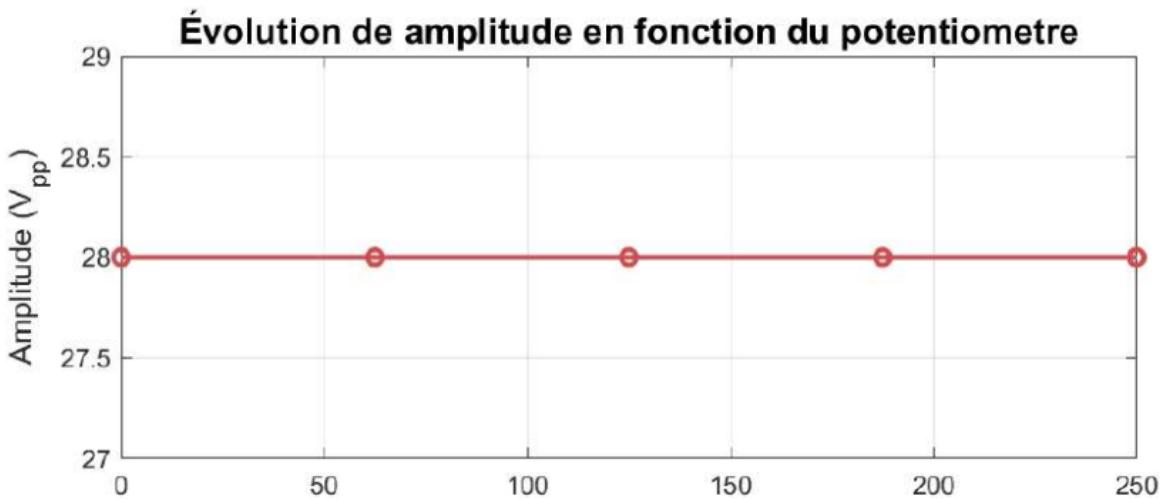


Figure 4.2: Amplitude en fonction de valeurs de potentiometre

4.5.4 Signal triangulaire AOP2 :

Lors de la sortie du deuxième AOP, nous avons constaté un signal triangulaire . Bien que l'amplitude de ce signal soit restée stable, la fréquence variait selon la position du potentiomètre.

4.5.5 Analyse :

- Lorsque le potentiomètre était réglé à sa valeur minimale, la fréquence était faible, ce qui reflétait un temps de commutation prolongé entre les transitions haut et bas du signal triangle .
- Aux réglages de 25,50 et à la valeur maximale, nous avons observé une augmentation progressive de la fréquence.
- L'amplitude, quant à elle, demeurait inchangée, correspondant à l'alimentation utilisée (+15 V et -15 V).

4.5.6 Graphique :

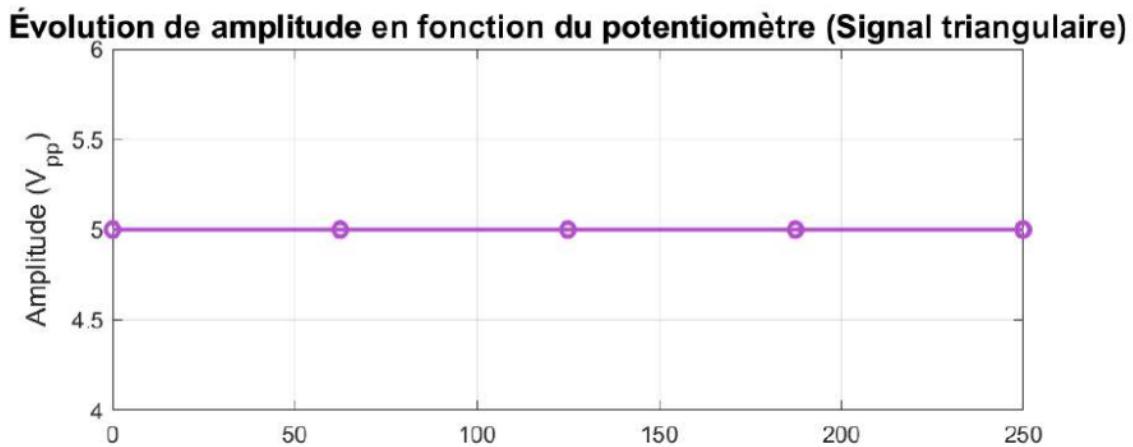


Figure 4.3: Fréquence en fonction de valeurs de potentiometre

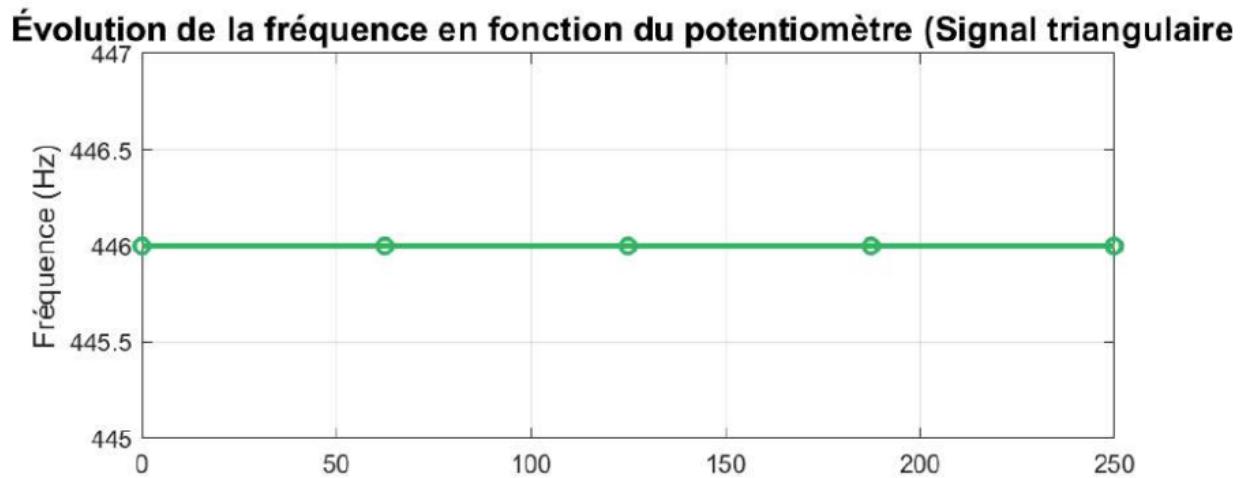


Figure 4.4: Amplitude en fonction de valeurs de potentiometre

4.5.7 Signal triangulaire amplifié AOP3 :

Lors de la sortie du troisième AOP, nous avons constaté un triangulaire amplifié. Bien que l'amplitude de ce signal change en fonction du potentiomètre , la fréquence reste constante .

4.5.8 Analyse :

- Lorsque le potentiomètre était réglé à sa valeur minimale, Amplitude était faible.
- Aux réglages de 25,50 et à la valeur maximale, nous avons observé une augmentation progressive de l'amplitude .
- La fréquence n'a jamais changée

4.5.9 Graphique :

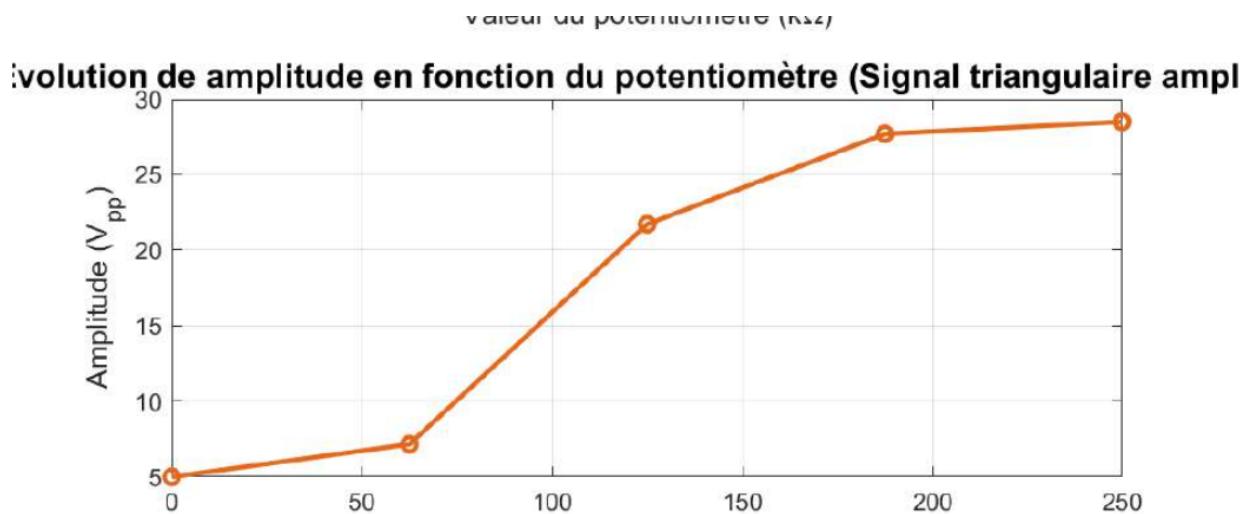


Figure 4.5: Amplitude en fonction de valeurs de potentiometre

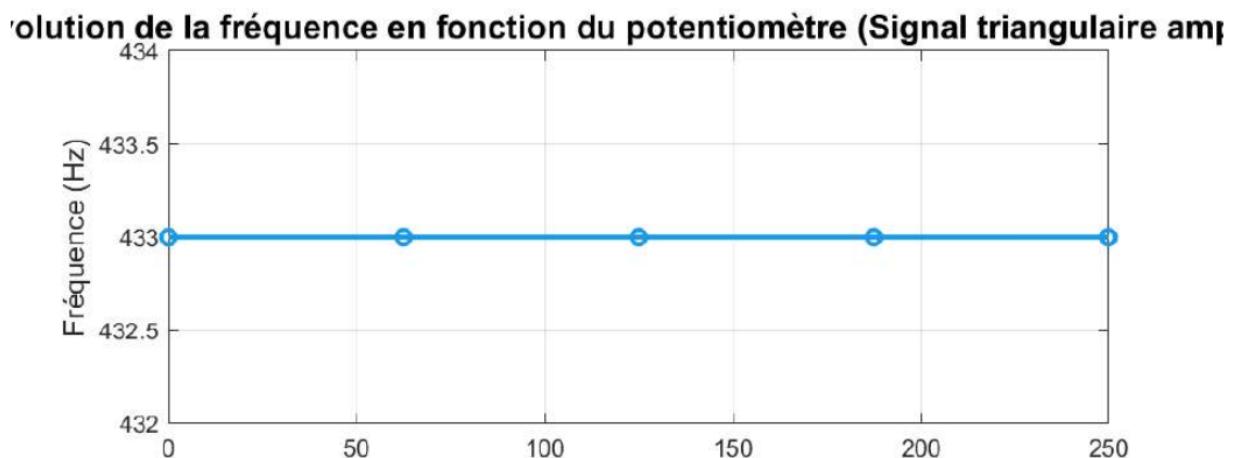


Figure 4.6: Fréquence en fonction de valeurs de potentiometre

4.5.10 Signal sinoisidal AOP4 :

Lors de la sortie du premier AOP, nous avons constaté un signal sinusoïdal non amplifié. Bien que l'amplitude de ce signal soit restée stable, la fréquence variait selon la position du potentiomètre.

4.5.11 Analyse :

- Lorsque le potentiomètre était réglé à sa valeur minimale, la fréquence était faible, ce qui reflétait un temps de commutation prolongé entre les transitions haut et bas du signal sinusoïdal
- Aux réglages de 25,50 et à la valeur maximale, nous avons observé une augmentation progressive de la fréquence.
- L'amplitude, quant à elle, demeurait inchangée, correspondant à l'alimentation utilisée (+15 V et -15 V).

4.5.12 Graphique :

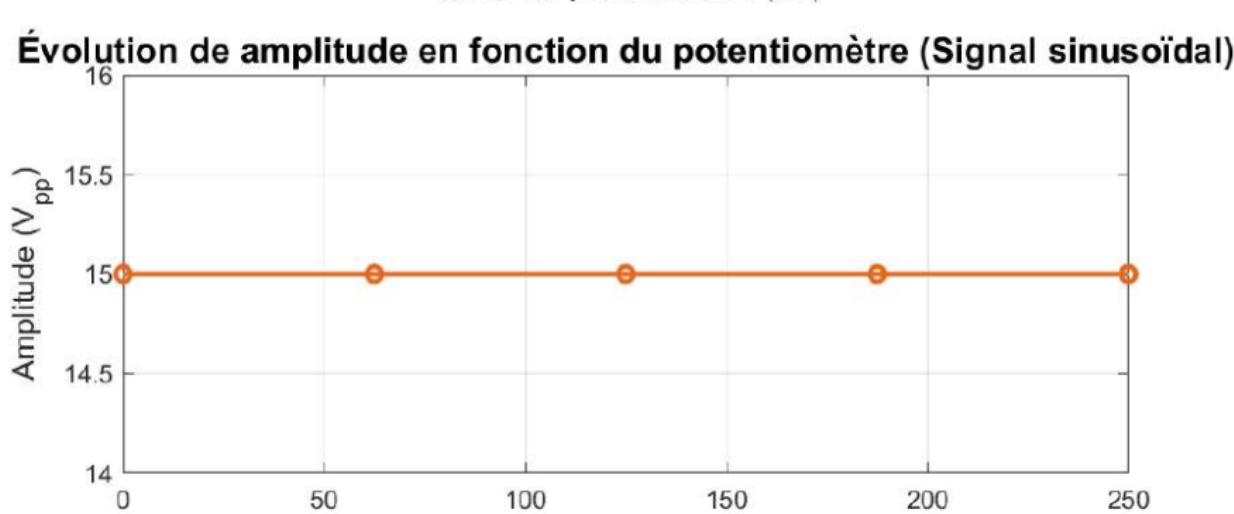


Figure 4.7: Fréquence en fonction de valeurs de potentiomètre

Résolution de la fréquence en fonction du potentiomètre (Signal triangulaire amplifié)

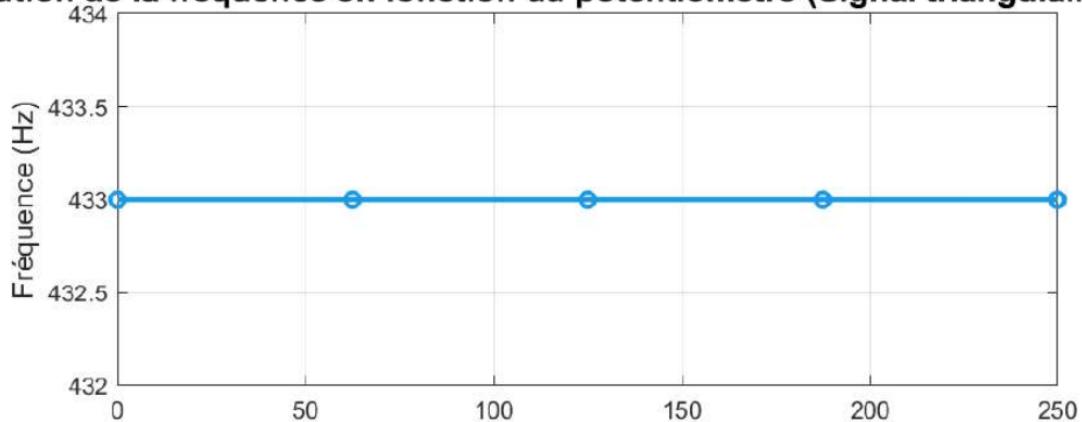


Figure 4.8: Amplitude en fonction de valeurs de potentiometre

4.5.13 Signal sinusoidal amplifié AOP5 :

Lors de la sortie du premier AOP, nous avons constaté un sinusoidal amplifiée . Bien que l'amplitude de ce signal change selon la valeur du potentiomètre , la fréquence reste constante .

4.5.14 Analyse :

- Lorsque le potentiomètre était réglé à sa valeur minimale, l'Amplitude était faible et l'inverse si en diminue la valeur du potentiometre.
- Aux réglages de 25,50 et à la valeur maximale, nous avons observé une augmentation progressive de l'amplitude .
- quelque soit la valeur du potentimètre la fréquence ne change pas

4.5.15 Graphique :

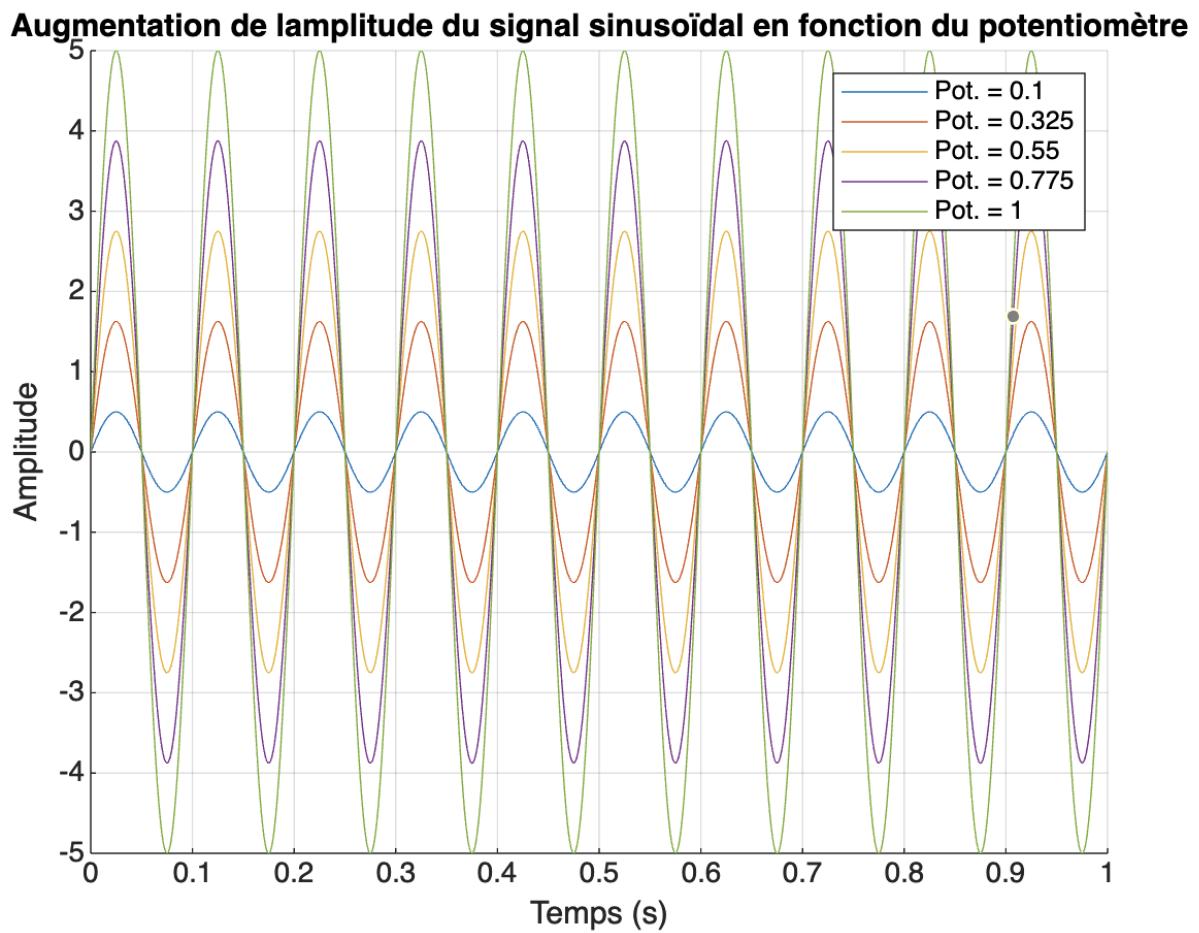


Figure 4.9: Amplitude en fonction de valeurs de potentiometre

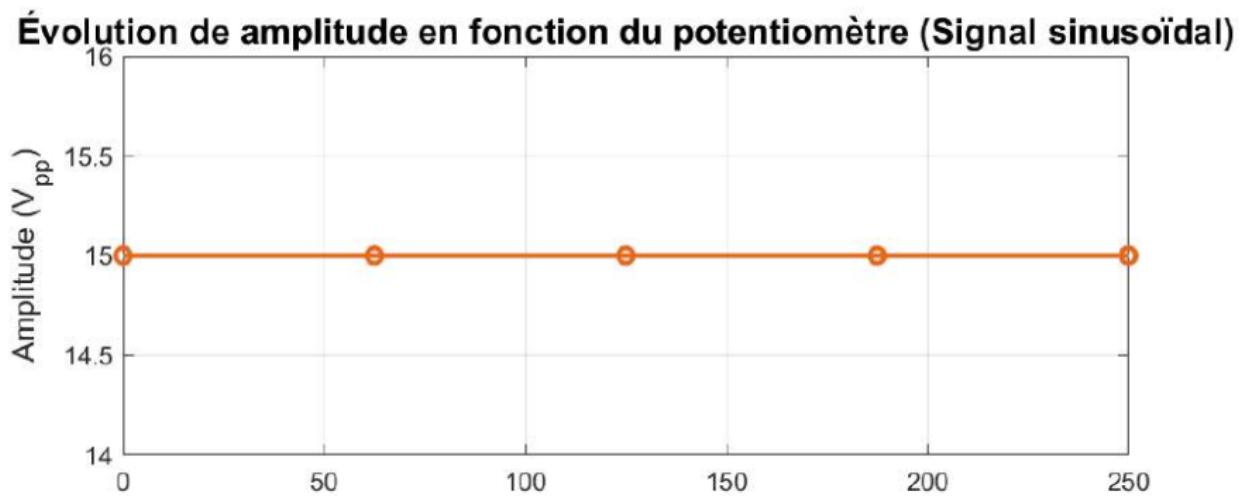


Figure 4.10: Fréquence en fonction de valeurs de potentiometre

4.6 Choix des composants

Voici la liste des choix des composantes utiliser pour une meilleur performance

- TL071
- ResistorSMD:R0603 (0.6 mm × 0.3 mm).
- CapacitorSMD:C06031608Metric.
- PotentiometerTHT:PotentiometerVerticalRV09.
- TerminalBlock2Pin

5 can ship in 3-4 business days			
<input type="checkbox"/>  15% OFF	LCSC#: C5355015 Mfr.#: 70Y10202 Mfr.: KNSCHA 2.2nF ±20% Y1 400V Plugin,P=10mm Safety Capacitors ROHS Customer #: <input type="text"/>	1 45168 In Stock WHS-South: 0 ⓘ WHS-North: 45168 WHS-HK: 0	Unit Price: \$ 0.0278 \$ 0.0556 Ext. Price: \$ 0.14 Save: \$ 0.14

50 can ship in 3-4 business days			
<input type="checkbox"/>  15% OFF	LCSC#: C22391163 Mfr.#: CDIHI03K0DPHRID000 Mfr.: Dersonic ±10% 50V 10nF X7R Plugin,D2.5xL4.3mm Multilayer Ceramic Capacitors MLCC - Leaded ROHS Customer #: <input type="text"/>	1 3050 In Stock WHS-South: 0 ⓘ WHS-North: 3050 WHS-HK: 0	Unit Price: \$ 0.0095 Ext. Price: \$ 0.48

5 can ship in 1-2 business days			
<input type="checkbox"/>  15% OFF	LCSC#: C2652251 Mfr.#: TL071DT Mfr.: STMicroelectronics 3mV 4MHz 20pA SO-8 FET Input Amplifiers ROHS Customer #: <input type="text"/>	5 126 In Stock WHS-South: 103 ⓘ WHS-North: 23 WHS-HK: 0	Unit Price: \$ 0.4036 \$ 0.4248 Ext. Price: \$ 2.02 Save: \$ 0.10 Packaging: Cut Tape

5 can ship in 1-2 business days			
<input type="checkbox"/>  15% OFF	LCSC#: C309375 Mfr.#: 24.247.3 Mfr.: Changzhou Amass Elec Terminal Yellow Banana Connectors / Alligator Clips ROHS Customer #: <input type="text"/>	3 364 In Stock WHS-South: 116 ⓘ WHS-North: 248 WHS-HK: 0	Unit Price: \$ 0.2401 Ext. Price: \$ 1.20

FIGURE 18 – Liste des composants finale

Figure 4.11: Choix des composantes

50 can ship in 1-2 business days

<input type="checkbox"/>		LCSC#: C337062 Mfr.#: MF1/8W ±1% 22K OTB5 Mfr.: VO Metal Film Resistors 22kΩ ±100ppm/°C ±1% Plugin,D2.3xL3.7mm Through Hole Resistors ROHS Customer #: <input type="text"/>	3 10780 In Stock WHS-South: 1280 WHS-North: 9500 WHS-HK: 0	Unit Price: \$ 0.0077 Ext. Price: \$ 0.39
--------------------------	---	--	---	--

10 can ship in 1-2 business days

<input type="checkbox"/>		LCSC#: CII9761 Mfr.#: MF3WS-330KΩ±1% T Mfr.: CCO(Chian Chia Elec) Metal Film Resistors 330kΩ 3W ±100ppm/°C ±1% Plugin,D5xL15.5mm Through Hole Resistors ROHS Customer #: <input type="text"/>	1 3155 In Stock WHS-South: 3151 WHS-North: 4 WHS-HK: 0	Unit Price: \$ 0.0516 Ext. Price: \$ 0.52
--------------------------	---	---	---	--

5 can ship in 1-2 business days

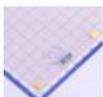
<input type="checkbox"/>		LCSC#: C136549 Mfr.#: RI40-1/4W-10KΩ ±5% T Mfr.: CCO(Chian Chia Elec) 10kΩ 250mW ±250ppm/°C ±5% Plugin,D2.3xL6.5mm Through Hole Resistors ROHS Customer #: <input type="text"/>	2 3162 In Stock WHS-South: 3162 WHS-North: 0 WHS-HK: 0	Unit Price: \$ 0.0633 Ext. Price: \$ 0.32 Save: \$ 0.05
--------------------------	---	--	---	---

10 can ship in 1-2 business days

<input type="checkbox"/>		LCSC#: C514194 Mfr.#: PEI04J2A0503 Mfr.: KYET ±5% 100V 100nF -40°C~+85°C Metallized Polyester Plugin,P=5mm Film Capacitors ROHS Customer #: <input type="text"/>	1 11594 In Stock WHS-South: 11483 WHS-North: 111 WHS-HK: 0	Unit Price: \$ 0.0355 Ext. Price: \$ 0.36 Save: \$ 0.01
--------------------------	---	--	---	---

Figure 4.12: Choix des composantes

20 can ship in 3-4 business days

<input type="checkbox"/>		LCSC#: C714156 Mfr.#: MF2WS-100KΩ±1%T Mfr.: Huaxing Mechanical-Elec. Metal Film Resistors 100kΩ 2W ±200ppm/°C ±1% Plugin,D4.5xL11.5mm Through Hole Resistors ROHS	<input type="text" value="3"/>	Unit Price: \$ 0.0273 Ext. Price: \$ 0.55 5121 In Stock WHS-South: 0 ⓘ WHS-North: 5121 WHS-HK: 0
		Customer #: <input type="text" value=""/>	Quick View	

5 can ship in 1-2 business days

<input type="checkbox"/>		LCSC#: C118921 Mfr.#: 3296W-1-504 Mfr.: BOCHEN(Chengdu Guosheng Tech) ±10% 500kΩ Plugin Potentiometers, Variable Resistors ROHS	<input type="text" value="1"/>	Unit Price: \$ 0.1432 \$ 0.1684 Ext. Price: \$ 0.72 Save: \$ 0.12 11508 In Stock WHS-South: 0 ⓘ WHS-North: 11503 WHS-HK: 5
		Customer #: <input type="text" value=""/>	Quick View	

10 can ship in 1-2 business days

<input type="checkbox"/>		LCSC#: C173304 Mfr.#: MOR03SJ0474A10 Mfr.: UNI-ROYAL(Uniroyal Elec) Metal Oxide Resistors 470kΩ 3W -700ppm/ °C~0ppm/°C ±5% Plugin,D5xL15.5mm Through Hole Resistors ROHS	<input type="text" value="1"/>	Unit Price: \$ 0.0375 Ext. Price: \$ 0.38 862 In Stock WHS-South: 854 ⓘ WHS-North: 8 WHS-HK: 0
		Customer #: <input type="text" value=""/>	Quick View	

2 can ship in 1-2 business days

<input type="checkbox"/>		LCSC#: C2909996 Mfr.#: WI-11-204 Mfr.: BOCHEN(Chengdu Guosheng Tech) ±10% 500mW 200kΩ Plugin Potentiometers, Variable Resistors ROHS	<input type="text" value="2"/>	Unit Price: \$ 1.5674 Ext. Price: \$ 3.13 161 In Stock WHS-South: 45 ⓘ WHS-North: 116 WHS-HK: 0
		Customer #: <input type="text" value=""/>	Quick View	

100 can ship in 1-2 business days

<input type="checkbox"/>		LCSC#: C714024 Mfr.#: MF1/4W-27KΩ±1%T52 Mfr.: Huaxing Mechanical-Elec. Metal Film Resistors 27kΩ 250mW ±200ppm/°C ±1% Plugin,D2.3xL6.5mm Through Hole Resistors ROHS	<input type="text" value="1"/>	Unit Price: \$ 0.0066 Ext. Price: \$ 0.66 1764 In Stock WHS-South: 1697 ⓘ WHS-North: 67 WHS-HK: 0
		Customer #: <input type="text" value=""/>	Quick View	

Figure 4.13: Choix des composantes

Chapitre 5: Conclusion

Le générateur basse fréquence (GBF) est un outil essentiel dans l'électronique moderne, permettant de produire des signaux de fréquence et d'amplitude contrôlées. Ce projet visait à concevoir, analyser, et réaliser un GBF capable de générer des signaux de formes diverses (sinusoïdaux, carrés, triangulaires) dans une plage de fréquences adaptée aux applications pratiques, comme le test et la caractérisation de circuits électroniques.

Le cœur du GBF repose sur un oscillateur RC, choisi pour sa simplicité de conception et son adéquation avec les basses fréquences. L'oscillateur a été associé à des amplificateurs opérationnels (AOP) pour stabiliser et ajuster les signaux générés. La flexibilité du circuit a été renforcée par l'ajout d'un potentiomètre, permettant un réglage précis de la fréquence et de l'amplitude des signaux en fonction des besoins spécifiques.

L'analyse du circuit a révélé l'importance de chaque sous-composant dans le bon fonctionnement du générateur. L'oscillateur RC a permis de produire un signal brut, tandis que les étages d'amplification et de filtrage ont contribué à améliorer la qualité du signal en réduisant les distorsions et en supprimant les harmoniques indésirables. Par ailleurs, l'utilisation de composants ajustables, comme le potentiomètre, a offert une grande souplesse dans les réglages, rendant le GBF adaptable à une variété d'applications.

Sur le plan technique, le projet a permis de démontrer plusieurs concepts fon-

damentaux en électronique :

L'importance de la rétroaction positive dans les oscillateurs pour maintenir les oscillations. Le rôle des amplificateurs opérationnels dans l'amplification et la stabilisation des signaux. La nécessité des filtres actifs pour produire des signaux de qualité optimale.

En outre, des simulations théoriques ont été validées par des tests expérimentaux, confirmant la fiabilité des calculs et des choix de conception. Les résultats obtenus ont mis en évidence une bonne stabilité du signal dans la plage de fréquences prévue, ainsi qu'une faible distorsion harmonique, ce qui est crucial pour garantir l'intégrité des tests sur les circuits électroniques.

Le projet a également permis d'aborder des aspects pratiques essentiels, tels que la conception de circuits imprimés (PCB), le soudage des composants, et la vérification des performances à l'aide d'un oscilloscope. Ces compétences sont indispensables pour tout ingénieur ou technicien travaillant dans le domaine de l'électronique.

Chapitre 6: Annexes

PINCONNECTIONS (topview)

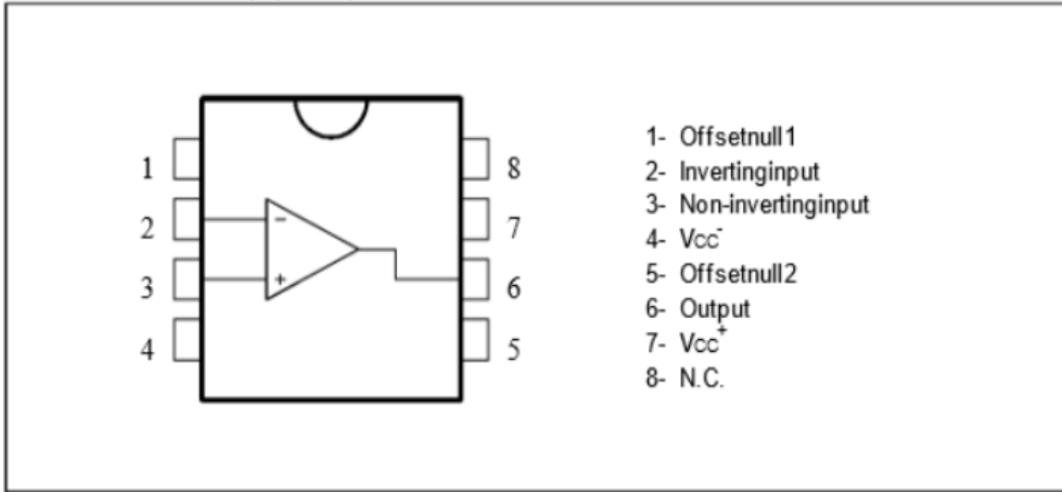


Figure 6.1: Pin de connexion

Electrical characteristics						UA741
3 Electrical characteristics						
Table 3. Electrical characteristics at $V_{CC} = 6.25 \text{ V}$, $T_{AUX} = 25^\circ \text{C}$ (unless otherwise specified)						
Symbol	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Unit	
V_{IN} $t = 25^\circ \text{C}$ $V_{CC} = 6.25 \text{ V}$	Input offset voltage ($R_O = 10 \text{ k}\Omega$) $t = 25^\circ \text{C}$ $V_{CC} = 6.25 \text{ V}$		15	6	µV	
I_{IN} $t = 25^\circ \text{C}$ $V_{CC} = 6.25 \text{ V}$	Input offset current $t = 25^\circ \text{C}$ $V_{CC} = 6.25 \text{ V}$		2	3	10	µA
I_{BO} $t = 25^\circ \text{C}$ $V_{CC} = 6.25 \text{ V}$	Input bias current $t = 25^\circ \text{C}$ $V_{CC} = 6.25 \text{ V}$		10	10.0	2.00	µA
A_{OL} $t = 25^\circ \text{C}$ $V_{CC} = 6.25 \text{ V}$	Large signal voltage gain ($V_{IN} = -4.0 \text{ V}$, $R_O = 2 \text{ M}\Omega$) $t = 25^\circ \text{C}$ $V_{CC} = 6.25 \text{ V}$	30	200		Unitless	
$S/N R$ $t = 25^\circ \text{C}$ $V_{CC} = 6.25 \text{ V}$	Supply voltage rejection ratio ($R_O = 10 \text{ k}\Omega$) $t = 25^\circ \text{C}$ $V_{CC} = 6.25 \text{ V}$	77	90		dB	
I_{OL} $t = 25^\circ \text{C}$ $V_{CC} = 6.25 \text{ V}$	Supply current, no load $t = 25^\circ \text{C}$ $V_{CC} = 6.25 \text{ V}$		1.7	2.8	3.8	mA
V_{IM} $t = 25^\circ \text{C}$ $V_{CC} = 6.25 \text{ V}$	Differential mode voltage range $t = 25^\circ \text{C}$ $V_{CC} = 6.25 \text{ V}$	-1.2	-1.2		V	
C_{DMR} $t = 25^\circ \text{C}$ $V_{CC} = 6.25 \text{ V}$	Differential mode rejection ratio ($R_O = 10 \text{ k}\Omega$) $t = 25^\circ \text{C}$ $V_{CC} = 6.25 \text{ V}$	70	90		dB	
I_{OM}	Output short circuit current $t = 25^\circ \text{C}$ $V_{CC} = 6.25 \text{ V}$	10	25	40	mA	
ΔV_{OPP}	Differential voltage swing $t = 25^\circ \text{C}$ $V_{CC} = 6.25 \text{ V}$, $R_O = 2 \text{ M}\Omega$, $C = 100 \text{ pF}$, unity gain $t = 25^\circ \text{C}$ $V_{CC} = 6.25 \text{ V}$, $R_O = 2 \text{ M}\Omega$, $C = 100 \text{ pF}$, unity gain $t = 25^\circ \text{C}$ $V_{CC} = 6.25 \text{ V}$, $R_O = 2 \text{ M}\Omega$, $C = 100 \text{ pF}$, unity gain	12	14		V	
SR	Noise rate $t = 25^\circ \text{C}$ $V_{CC} = 6.25 \text{ V}$, $R_O = 2 \text{ M}\Omega$, $C = 100 \text{ pF}$, unity gain	0...2.5	0...8		Hz/µV	
μ	Noise time $t = 25^\circ \text{C}$ $V_{CC} = 6.25 \text{ V}$, $R_O = 2 \text{ M}\Omega$, $C = 100 \text{ pF}$, unity gain		0...1		µs	
K_{IN}	Overdeshoot $t = 25^\circ \text{C}$ $V_{CC} = 6.25 \text{ V}$, $R_O = 2 \text{ M}\Omega$, $C = 100 \text{ pF}$, unity gain		5		%	
R_I	Input resistance $t = 25^\circ \text{C}$	0.5	1	2	µΩ	

Figure 6.2: Partie de la Datasheet

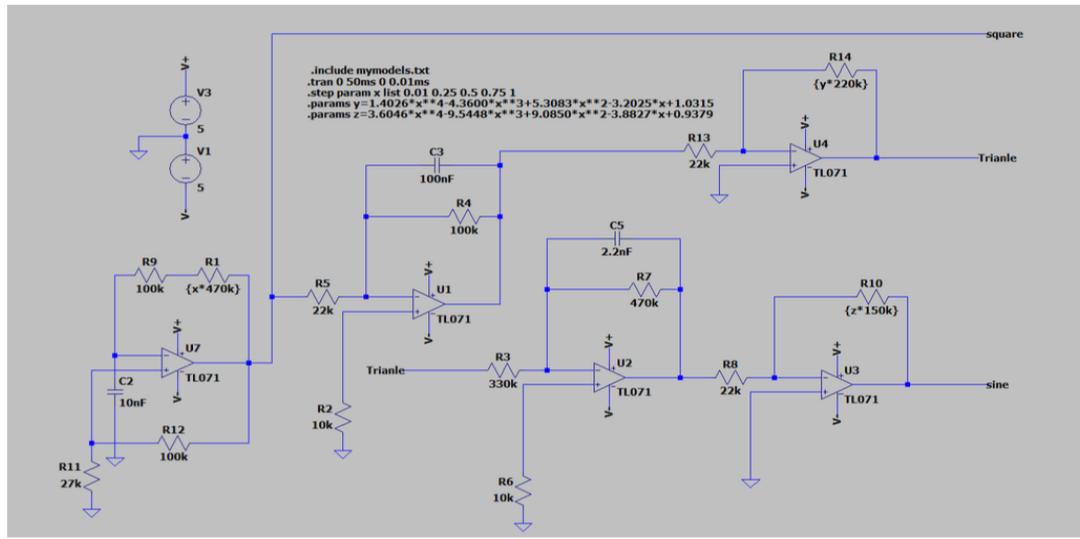


Figure 6.3: Schéma du GBF sur LTspice

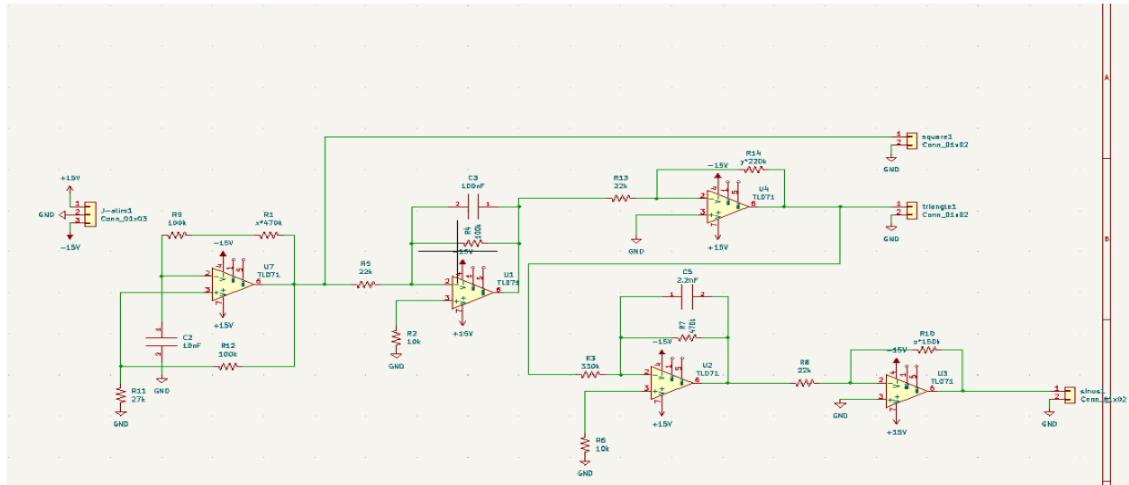


Figure 6.4: Schéma sur Kicad

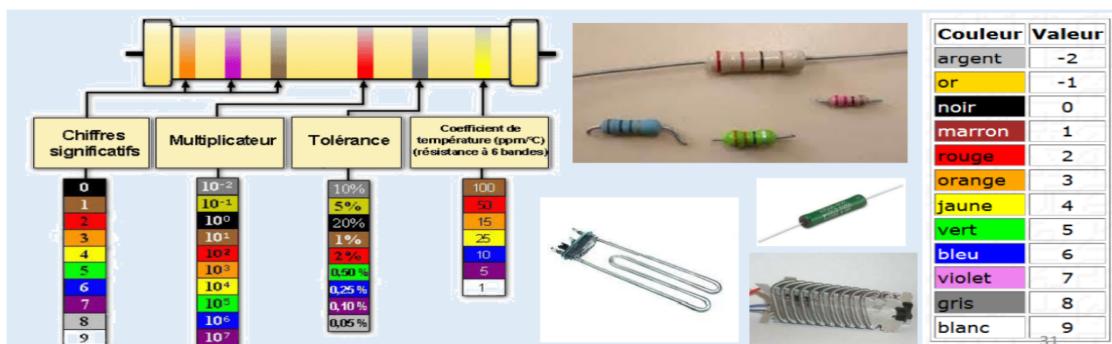


Figure 6.5: Code couleur résistance

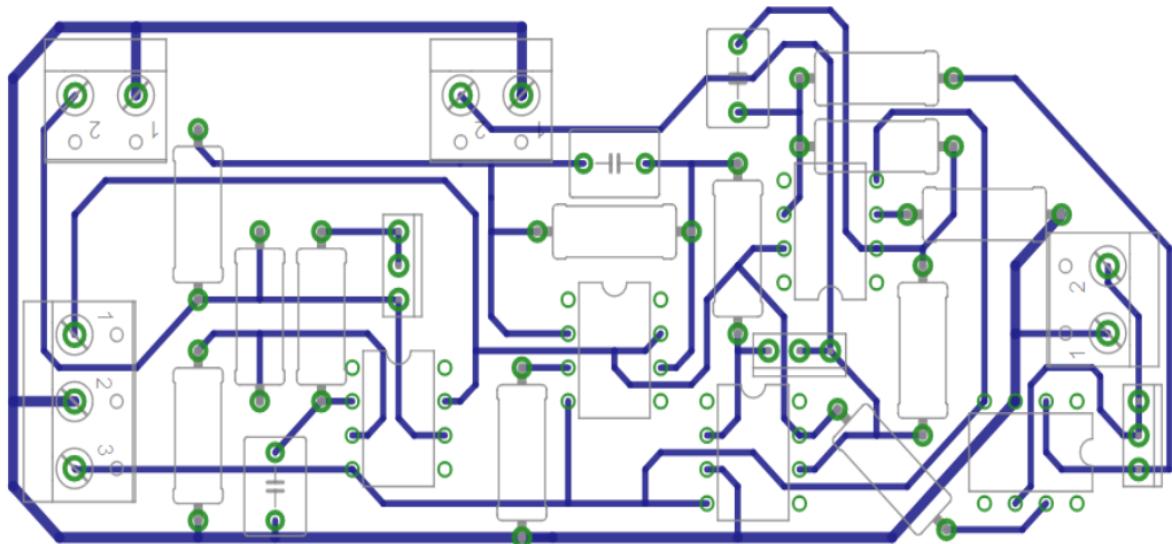


Figure 6.6: Schéma avec les composants

7 Référence

https://fr.wikipedia.org/wiki/Signal_triangulaire
<https://passionelectronique.fr/amplificateurs-operationnels-aop/>
https://fr.wikipedia.org/wiki/Montages_de_base_de_l'amplificateur_opérationnel#Amplificateur_differential
<https://www.youtube.com/@EricPeronnin>