

ELE2310 : ÉLECTRONIQUE

Rapport de l'expérience 1 : Générateur de fonctions

Présenté par : ANTHONY DOS SANTOS

Présenté par : SAMUEL GAGNÉ

Groupe : 1

Remis à : DR. MOHAMMED-NADJIB MÉKIDÈCHE

Date : 10 février 2015

DÉPARTEMENT DE GÉNIE ÉLECTRIQUE
ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL



**POLYTECHNIQUE
MONTRÉAL**

Sommaire

Le présent document est le rapport final de l'expérience 1 du cours de ELE2310. Son contenu comprend les mesures et les calculs faits au cours de cette expérience. Ce document a été rédigé par Anthony dos Santos et Samuel Gagné durant la session d'hiver 2015. Fait sur LATEX.

Table des matières

1	Introduction	1
2	Analyse du circuit	1
2.1	Schéma bloc du système	1
2.2	Schéma électrique complet	2
3	Résultats	3
3.1	Onde carrée	3
3.2	Onde triangulaire	4
3.3	Onde sinusoïdale	5
3.4	Autre mesure : impédance de sortie	7
4	Discussion	9
4.1	Imperfections du circuit	9
4.2	Ajouter une composante DC	9
4.3	Ondes demi redressées	10
5	Conclusion	10
6	Annexes	10
6.1	Calcul du gain de l'amplificateur de l'écrêteur	10

Table des figures

1	Schéma Bloc	1
2	Schéma du circuit électrique complet	3
3	Oscillogramme de l'onde carrée	4
4	Oscillogramme de l'onde carrée (distorsion)	4
5	Oscillogramme de l'onde triangulaire	5
6	Oscillogramme de l'onde triangulaire (1000Hz)	6
7	Oscillogramme de l'onde triangulaire (200Hz)	6
8	Oscillogramme de l'onde triangulaire (distorsion)	7
9	Oscillogramme de l'onde sinusoïdale (basse fréquence)	7
10	Oscillogramme de l'onde sinusoïdale (haute fréquence)	8
11	Oscillogramme de l'onde sinusoïdale (distorsion)	8
12	Schéma offset DC	9
13	Schéma du redresseur	10

1 Introduction

Le livrable à développer dans le cadre de ce premier laboratoire est un générateur de fonctions capable de générer des ondes carrées, des ondes triangulaires ainsi que des ondes sinusoïdales. Le générateur en question doit être en mesure de sélectionner une fréquence située entre 100 et 1000 Hz ainsi que de fixer une amplitude crête contenue entre 0 et 5 volts. Ce générateur sera constitué de ces principaux éléments : une bascule schmitt, un intégrateur, un écreteur suivi d'un passe-bas ainsi qu'un amplificateur pour les trois signaux. Ces différents éléments seront pour la majorité fait à partir d'amplificateur opérationnel de type UA741. La dernière spécification était d'avoir une impédance de sortie de 50Ω .

2 Analyse du circuit

2.1 Schéma bloc du système

Ci-dessous se trouve le schéma bloc du circuit générateur de fonctions.

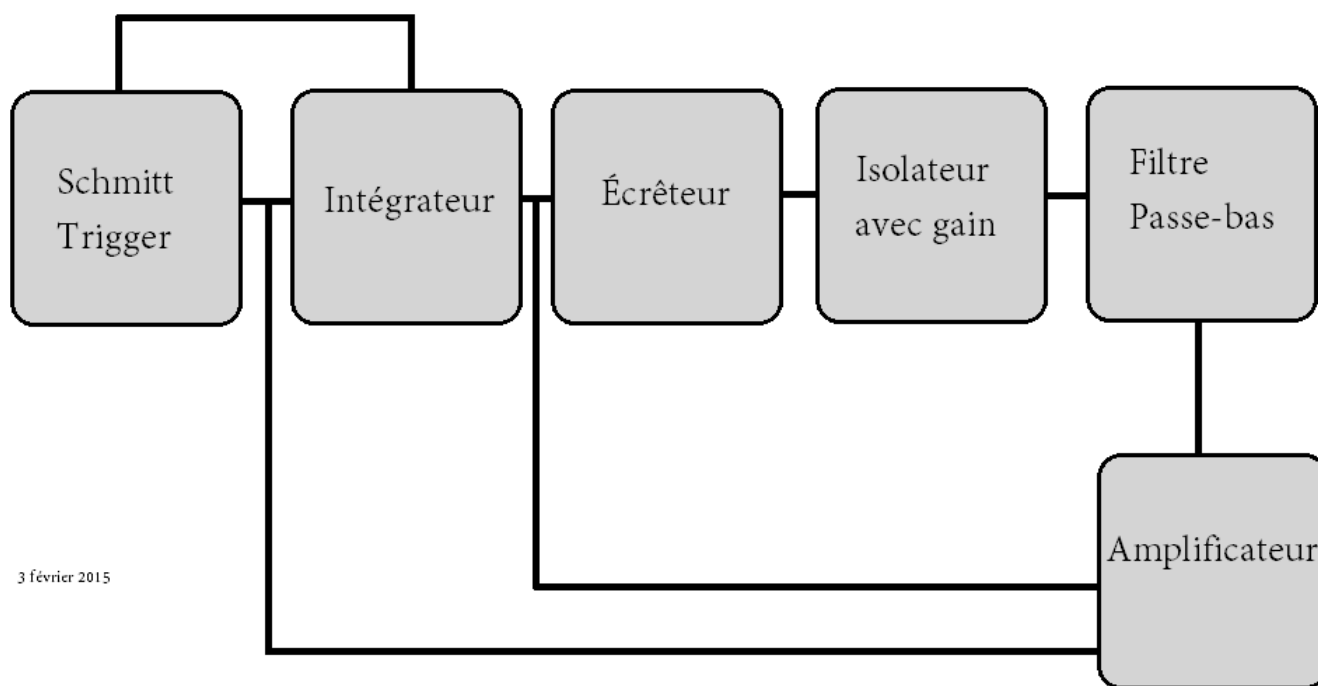


FIGURE 1 – Schéma Bloc

Ce montage a été détaillé en cours de laboratoire. Le schmitt trigger est relié à l'intégrateur avec une boucle de rétroaction pour faire en sorte que le schmitt trigger produit une onde carrée

et l'intégrateur une onde triangulaire de la même fréquence. En insérant un potentiomètre entre les deux, la fréquence peut être ajustée.

Ensuite, la sortie de l'intégrateur est écrêtée pour donner une onde sinusoïdale très primitive. Cet écrêteur est fait à base de diodes en série et en parallèle. La sortie de l'écrêteur est atténuée donc un isolateur avec gain est utilisé pour assurer qu'un signal de la même taille que l'onde carrée et triangulaire est produite.

Le signal écrêté et amplifié passe ensuite dans un filtre qui enlève les harmoniques de haute fréquence ce qui donne un sinus beaucoup plus lisse et d'une forme plus pure (plage de fréquences réduite).

Les trois fonctions sont ensuite reliés à l'amplificateur final pour avoir la taille demandée par le client. Cet amplificateur a un gain ajustable. Ceci fait en sorte que la fréquence et l'amplitude des ondes sont ajustables indépendamment l'un de l'autre.

2.2 Schéma électrique complet

Les premiers éléments à concevoir sont le schmitt trigger et l'intégrateur. Pour la bascule, deux résistances identiques (d'une valeur de $10\text{ k}\Omega$) sont utilisées afin d'assurer le fonctionnement normal du phénomène de bascule. Par la suite vient la conception de l'intégrateur. Celui-ci possède en entrée un potentiomètre et un condensateur dans la boucle de rétroaction. Le potentiomètre possède une valeur de $20\text{ k}\Omega$ 10% et le condensateur une valeur de 100 nF . La valeur du condensateur est fixée à cette valeur après simulation : plusieurs valeurs ont été testées et le choix s'est arrêté sur la valeur avec laquelle le potentiomètre réagissait le mieux.

Le deuxième élément important est la création de l'onde sinusoïdale. Cet élément commence par la conception d'un écrêteur. Les diodes utilisées pour cette partie sont de valeurs de $0,7\text{ V}$. Les résistances contenues ont été testées de façon à créer une onde qui ressemblait le plus possible à une sinusoïde. Le meilleur résultat repose sur un rapport de $10\text{ k}\Omega$ pour $2\text{ k}\Omega$. L'écrêteur est, de plus, agrémenté d'un amplificateur non-inverseur afin que le signal sortant ait la même amplitude qu'à la sortie de l'onde carrée et de l'onde triangulaire. Les calculs démontrent qu'il faut un gain d'environ 6,5; ceci est accompli grâce à des résistances de $10\text{ k}\Omega$ et de $1,8\text{ k}\Omega$ (calculs en Annexe). Finalement, la sortie de l'écrêteur doit passer dans un filtre passe-bas afin de raffiner le signal. La fréquence de coupure est fixée à 1200 Hz afin d'éviter d'avoir une diminution de l'amplitude du signal si la fréquence choisie est de 1000 Hz . Le filtre est réalisé à l'aide du programme FilterPro. Finalement, le dernier élément majeur de conception est un amplificateur permettant de modifier l'amplitude des signaux. Pour cela, l'utilisation d'un amplificateur inverseur est requise. Une résistance de valeur de $7,5\text{ k}\Omega$ est posée en entrée et un potentiomètre de $20\text{ k}\Omega$ 10% est utilisé en

boucle de rétroaction. Le choix justifiant cette disposition vient du fait que les signaux carrés et triangulaires une amplitude crête d'environ 4 V. Il faut donc être en mesure de pouvoir autant amplifier que diminuer le signal de sortie.

Le montage final est présenté dans la figure suivante.

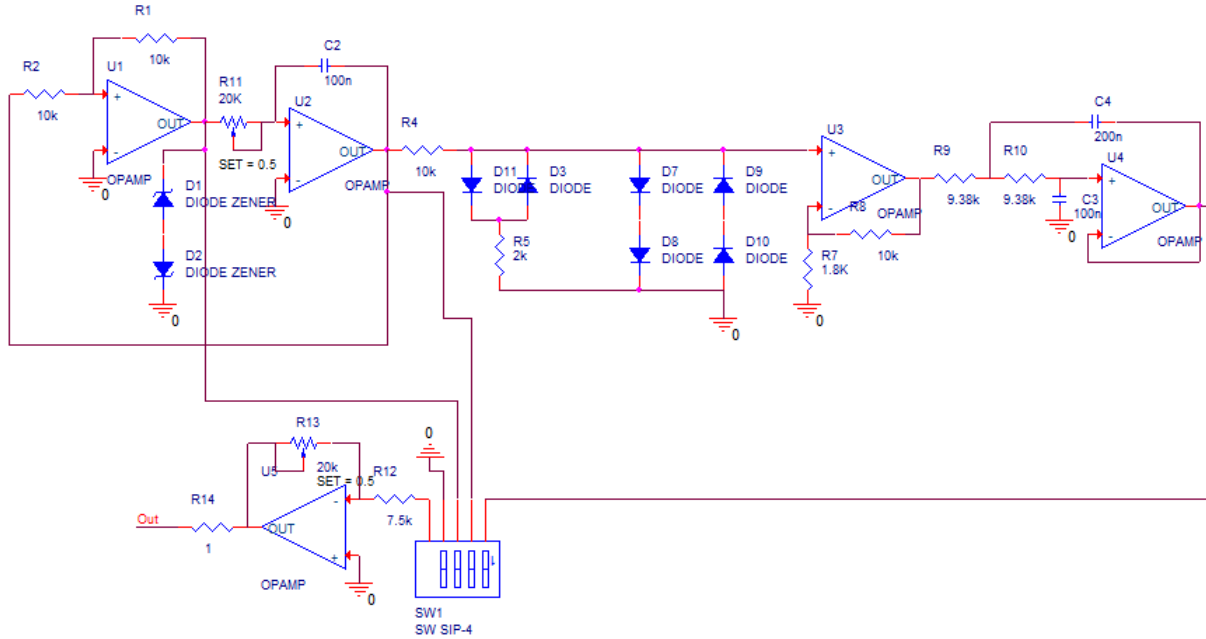


FIGURE 2 – Schéma du circuit électrique complet

3 Résultats

3.1 Onde carrée

La première sortie du circuit est l'onde carrée, soit la sortie du schmitt trigger. Ci-dessous se trouve l'oscillogramme de l'onde carrée à une fréquence de 677.6 Hz et avec une amplitude de 10 V crête à crête. Comme démontré durant l'évaluation, l'amplitude varie de 0 à 10 V CàC et la fréquence varie de 100 à 1000 Hz. Ci-dessous se trouve l'oscillogramme de la distorsion du signal. La distorsion est relativement faible. Par contre il y a quand même un spectre de fréquences remarquable ce qui est normal car le signal carré est un signal qui est très riche en harmoniques. On s'attend alors à avoir une onde qui ne contient pas qu'une seule fréquence comme une onde sinusoïdale par exemple. Le taux de distorsion est donc acceptable.

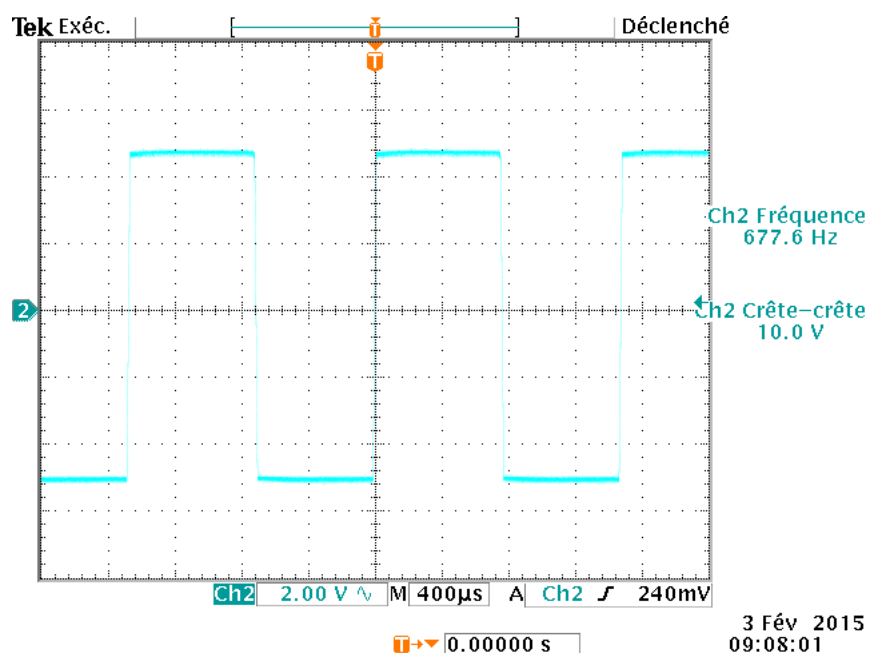


FIGURE 3 – Oscillogramme de l'onde carrée

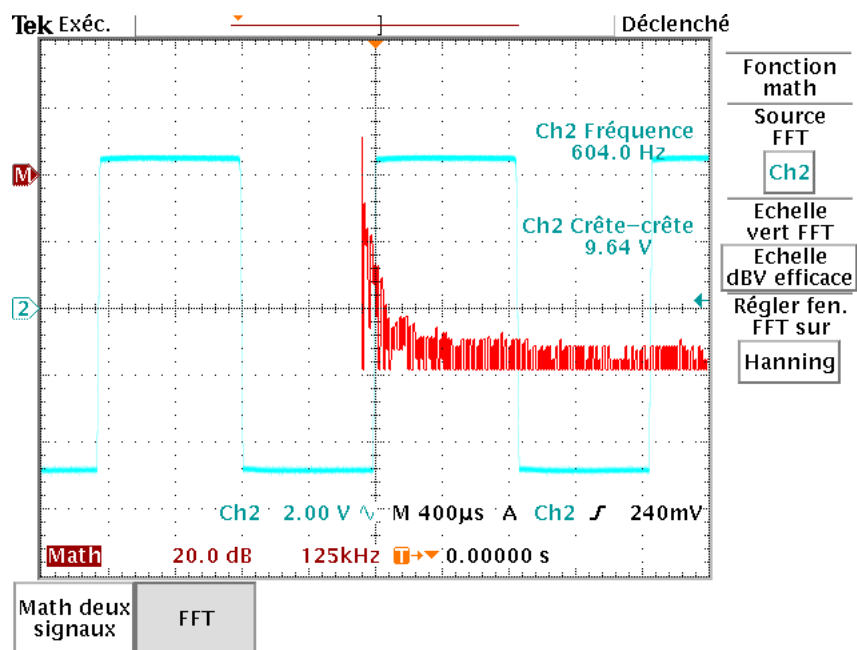


FIGURE 4 – Oscillogramme de l'onde carrée (distorsion)

3.2 Onde triangulaire

La deuxième sortie du circuit est une onde triangulaire. La fréquence de celle-ci est réglée de la même façon que l'onde carrée soit avec le potentiomètre à la sortie du schmitt trigger. Ci-dessous

se trouve l'oscillogramme de l'onde triangulaire à une fréquence de 677 Hz et d'une amplitude de 10 V. Il est aussi demandé par le client de démontrer la plage de fréquences possibles. Ci-dessous

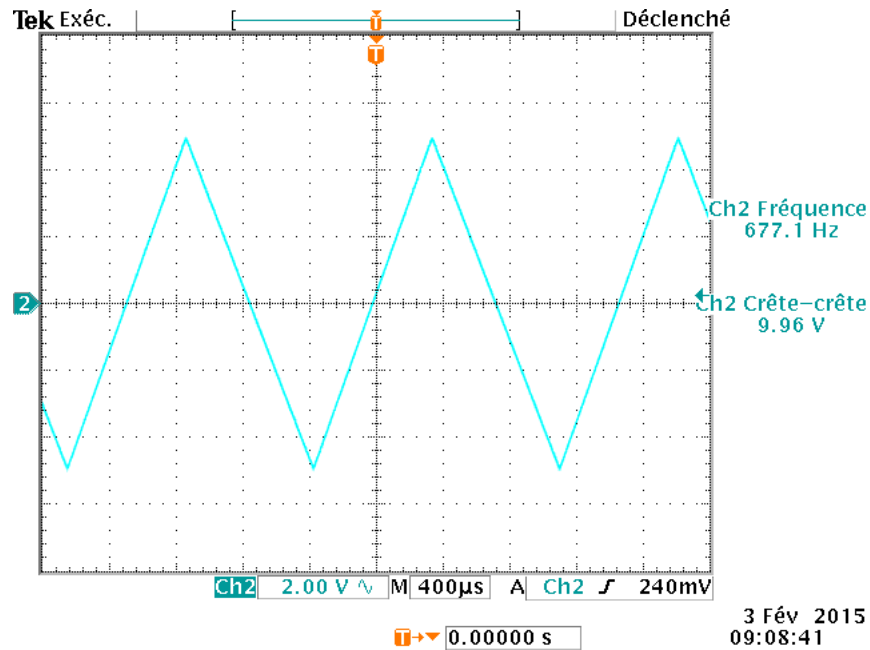


FIGURE 5 – Oscillogramme de l'onde triangulaire

se trouvent donc les oscillogrammes de l'onde triangulaire à haute et à basse fréquence. Comme démontré durant l'évaluation, les fréquences des 3 ondes sont identiques et donc un changement de fréquence de l'onde triangulaire est partagée par les autres ondes. De plus, la distorsion présente dans l'onde triangulaire est beaucoup moins importante que celle présente dans l'onde carrée. On remarque une FFT beaucoup plus plate avec certaines fréquences sélectionnées. Ci-dessous se trouve l'oscillogramme de la FFT.

3.3 Onde sinusoïdale

La dernière onde à être générée était l'onde sinusoïdale. Ci-dessous se trouvent les oscillogrammes à basse et à haute fréquence. On remarque qu'à haute fréquence la forme de l'onde est beaucoup plus belle. À basse fréquence les coupures de l'écrêteur sont beaucoup plus évidentes. Ceci est dû au fait que la fréquence de coupure du filtre passe-bas qui lissait les ondes était autour de 300 Hz et donc les ondes plus lentes que 300 Hz étaient plus découpées. Ceci est un design volontaire car il a fallu que le filtre n'atténue pas trop l'onde dans les hautes fréquences. Avec ce design, la plage de "belles" ondes est de 300 à 100 Hz.

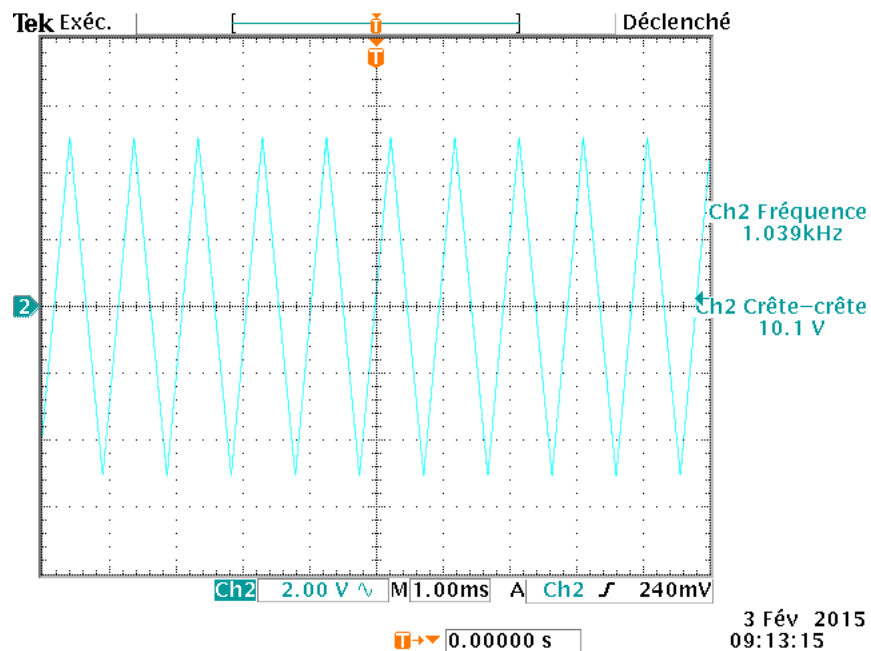


FIGURE 6 – Oscillogramme de l'onde triangulaire (1000Hz)

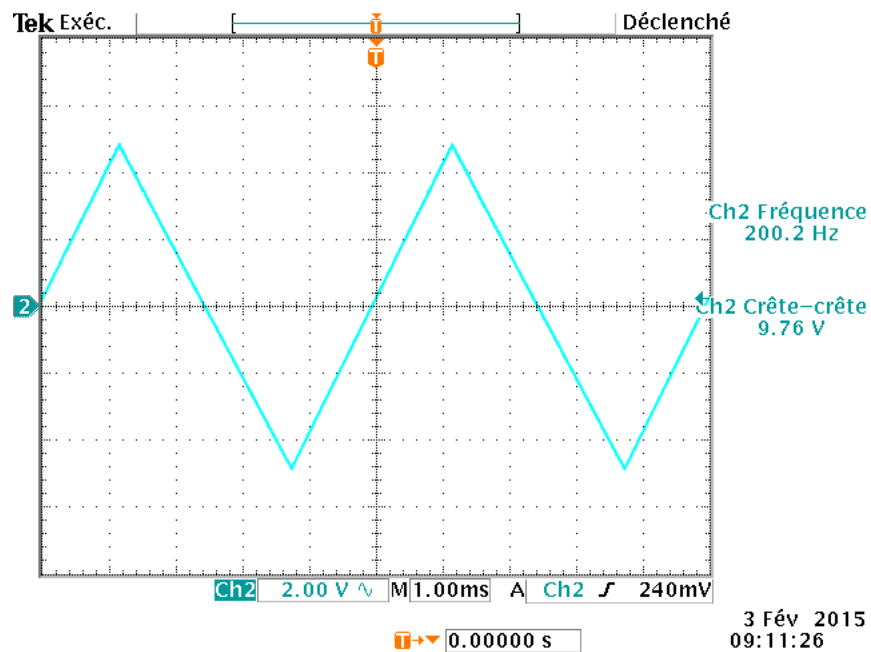


FIGURE 7 – Oscillogramme de l'onde triangulaire (200Hz)

Pour démontrer ce qui est considéré une belle onde, ci-dessous se trouve l'oscillogramme de distorsion d'une onde sinusoïdale à 604 Hz. On remarque un très bas niveau de distorsion et presque une seule fréquence de sélectionnée ce qui est désirable.

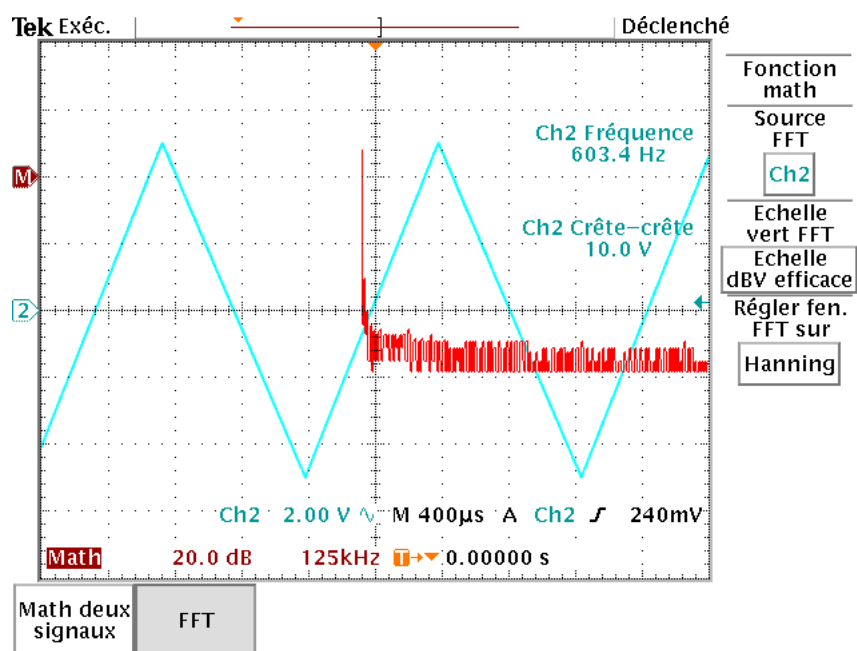


FIGURE 8 – Oscillogramme de l'onde triangulaire (distorsion)

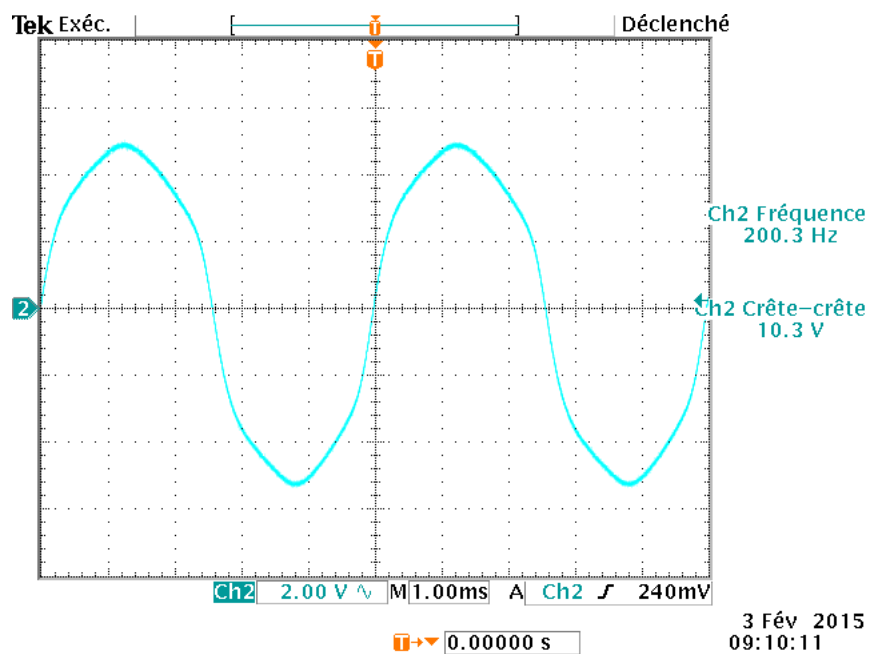


FIGURE 9 – Oscillogramme de l'onde sinusoïdale (basse fréquence)

3.4 Autre mesure : impédance de sortie

Une dernière chose qui a été mesurée est l'impédance de sortie. Pour ce faire, une résistance variable a été posée à la sortie de façon à créer un diviseur de tension, puis la celle-ci a été manipulée

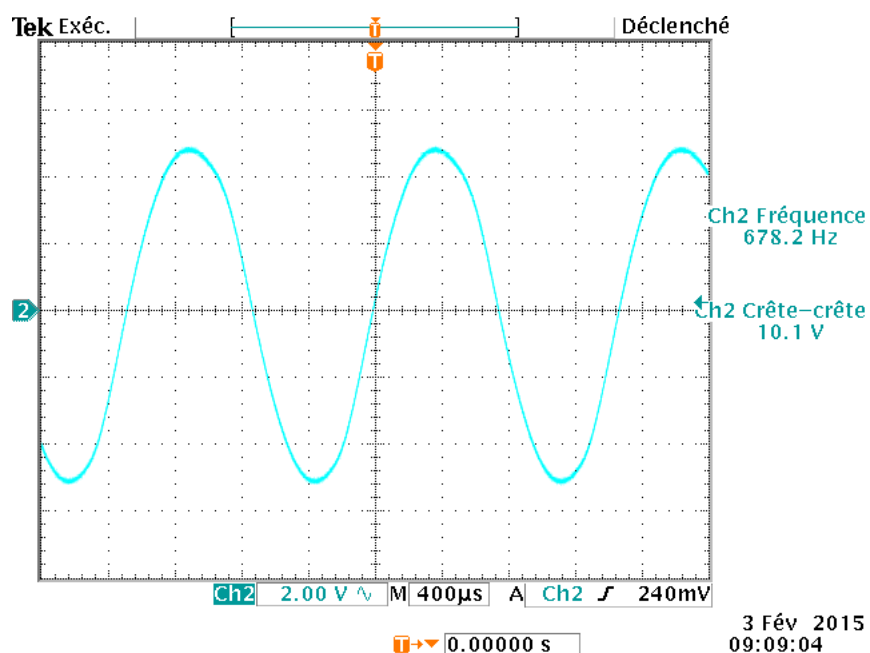


FIGURE 10 – Oscillogramme de l'onde sinusoïdale (haute fréquence)

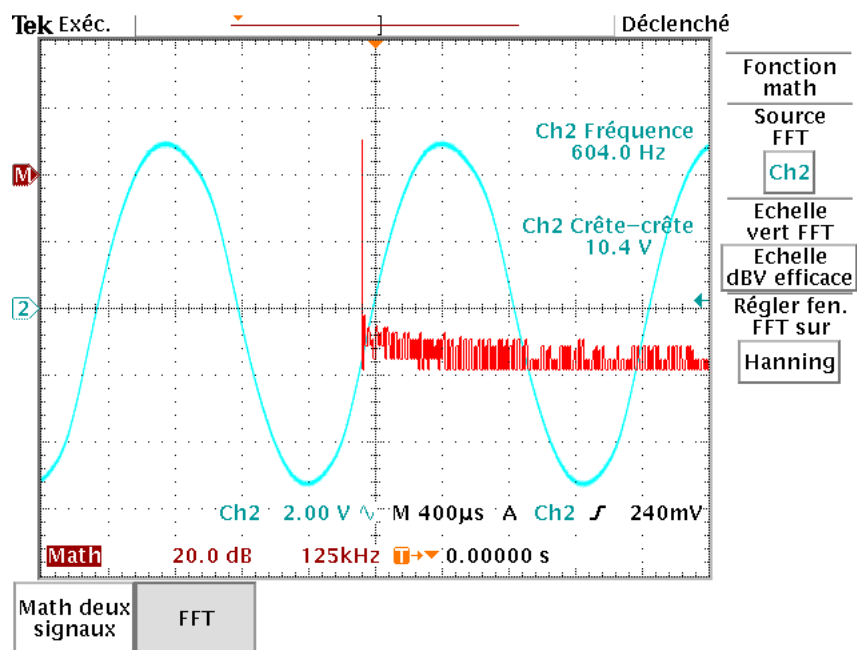


FIGURE 11 – Oscillogramme de l'onde sinusoïdale (distorsion)

jusqu'à obtenir la moitié de la vraie valeur de sortie. Il a été mesuré que l'impédance de sortie était d'environ $48,63 \Omega$. Pour respecter l'exigence d'avoir une impédance de sortie de 50Ω , une résistance de 1Ω a donc été rajoutée en sortie.

4 Discussion

4.1 Imperfections du circuit

La principale imperfection du générateur est l'emplacement du deuxième potentiomètre, soit celui qui règle l'amplitude de la fonction générée. Celui-ci, monté dans un amplificateur inverseur, fait en sorte que le courant dans la boucle de rétroaction n'est pas à valeur fixe. Par exemple, lorsque la résistance est très faible, beaucoup de courant passe et donc à la sortie du générateur on ne verrait presque rien.

Pour éliminer ce défaut il aurait fallu mettre le potentiomètre dans une configuration qui n'affecte pas le courant de rétroaction ni l'impédance d'entrée de l'amplificateur.

De plus, à basse fréquence, le filtre passe-bas n'est plus efficace pour lisser l'onde sortante de l'écrêteur. Les sinus produites à haute fréquence sont beaucoup plus pures en conséquence. Il aurait fallu inclure un deuxième filtre pour les basse fréquences, mais ceci s'avère vite compliqué et couteux.

4.2 Ajouter une composante DC

Pour ajouter une composante DC, une configuration de l'amplificateur final peut être utilisée. L'amplificateur recevrait non seulement un signal AC mais aussi un signal DC. La grandeur du signal DC serait ajustée par un diviseur de tension grâce à un potentiomètre. L'amplificateur (ici un LM741) fait ensuite l'addition des deux ondes pour obtenir une onde AC avec un offset DC. Ci-dessous se trouve le schéma correspondant à cette inclusion d'un offset.

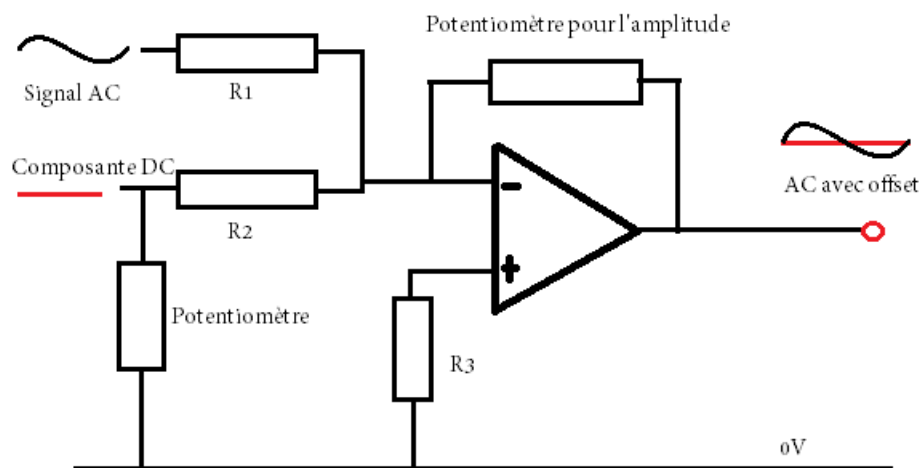


FIGURE 12 – Schéma offset DC

4.3 Ondes demi redressées

Pour rectifier les ondes produites, un redresseur de précision à base d'ampli-ops et de diodes peut être utilisé. Ci-dessous se trouve le schéma du rectifieur qui serait utilisé. Cette image provient de wikipédia. Avec une entrée d'un voltage positif, la sortie de ce circuit est nul. Avec une entrée

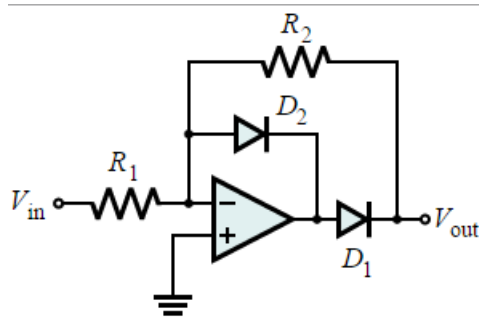


FIGURE 13 – Schéma du redresseur

d'un voltage négatif, la sortie de ce circuit est de $\frac{-R_2}{R_1} V_{in}$. Ce circuit produirait donc des ondes demi-redressées. Cette configuration est particulièrement peu coûteuse et robuste. Pour les spécifications du circuit il serait amplement suffisant.

5 Conclusion

En conclusion, il a été bel et bien possible de réaliser les trois type de signaux, soit l'onde carrée, l'onde triangulaire et l'onde sinusoïdale. Il a été possible, de plus, de pouvoir régler l'amplitude et la fréquence de ces ondes. Les exigences ont donc été parfaitement remplies et le test final devant l'évaluateur a démontré que le prototype final répondait parfaitement aux exigences. Évidemment, le circuit comporte quelques imperfections, mais le résultat final reste tout de même satisfaisant.

6 Annexes

6.1 Calcul du gain de l'amplificateur de l'écriteur

$$\text{Gain voulu : } 6,5 \frac{v_{out}}{v_{in}} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

$$\text{Donc } \frac{R_2}{R_1} = 5,5$$

Le meilleur rapport trouvé est de $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$ et $R_1 = 1,8 \text{ k}\Omega$.