



# RÉCIPIENT AUTOMATIQUE POUR GEL HYDROALCOOLIQUE

Rapport de Conception Projet Prototypage

France, Avril 2022

Jury 1

V 1.0

Michelly Karen Diogenes PEREIRA

# Sommaire

<b>Introduction</b>	3
<b>Proposition</b>	4
<b>Conception</b>	5
<b>Description de l'architecture du système</b>	5
<b>Logiciels et outils utilisés</b>	6
<b>Electrode</b>	6
<b>Circuit Amplificateur</b>	9
<b>Carte Núcleo STM32</b>	10
<b>Servomoteur</b>	13
<b>Points bloquants et l'amélioration de la solution</b>	15
<b>Conclusion</b>	15
<b>References</b>	16

# 1. Introduction

Ce document est un rapport de la conception du projet intitulé Récipient Automatique pour Gel Hydroalcoolique que j'ai réalisé en classe lors du cours Projet Prototypage de ma deuxième année d'études à l'Ecole des Mines de Saint-Etienne, cycle ISMIN. J'ai eu l'occasion d'apprendre sur la modélisation d'une électrode avec le logiciel COMSOL, assemblage et test d'une carte d'oscillateur et la programmation d'un microcontrôleur ST Nucleo-32. Les connaissances acquises dans ce cours ont été essentielles pour la compréhension et le développement du projet.

Reconnu par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) comme l'un des principaux outils de lutte contre les épidémies, le geste de se laver les mains a même un jour dans le calendrier. La Journée mondiale du lavage des mains, célébrée le 15 octobre, est un moment de sensibilisation de la population à l'intégration de ce soin personnel dans la routine de la vie quotidienne [1].

Même si beaucoup a été dit sur l'importance de l'hygiène des mains, c'est après l'apparition de la pandémie de COVID-19 que les récipients de gel hydroalcoolique sont devenus courants et même obligatoires dans nombreux endroits, par exemple, à l'école, nous avons des récipients de gel distribués à différents emplacements. Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) 95% de la population mondiale ne se lave pas fréquemment les mains et 25% des morts infectieuses pourraient être réduites en développant cette habitude [2], des exemples de ces maladies sont les intoxications alimentaires, les diarrhées, les pneumonies, le rhume, la conjonctivite, l'herpès et d'autres maladies causées par des virus et des bactéries. De plus, l'utilisation d'un gel hydroalcoolique à 70 % est une façon de minimiser les risques d'infection par le Covid-19 [2].

## 2. Proposition

Dans le contexte de la pandémie que nous vivons à cette époque, la nécessité de développer des technologies qui permettent l'utilisation sans contact devient évidente. Même les maladies courantes comme la grippe peuvent être réduites en éliminant le besoin de contact pour utiliser cet appareil que nous pouvons voir dans la figure ci-dessous.



Figure 1 - Minimum Viable Product (MVP) du prototype

Compte tenu des problèmes cités ci-dessus, la proposition de ce projet appelé Récipient Automatique Pour Gel Hydroalcoolique a deux objectifs essentiels, le premier est de stimuler l'utilisation du gel par les personnes et le deuxième est un objectif plus durable, qui est le contrôle de la quantité de gel hydroalcoolique utilisé, parce que l'utilisateur doit attendre une période de temps entre chaque utilisation.

En outre, le fait de ne pas avoir à toucher le récipient ou un bouton pour pouvoir utiliser le gel est une pratique conforme à la recommandation de l'OMS, comme nous pouvons le voir dans la figure ci-dessous, il est recommandé d'utiliser le coude pour activer l'équipement, avec le récipient automatique le processus pourrait être fait sans aucun toucher, juste avec la proximité de la main.



Figure 2 - Technique de préparation des mains chirurgicales avec une formulation de gel pour les mains à base d'alcool selon l'OMS [2].

### 3. Conception

#### 3.1. Description de l'architecture du système

Le système se décompose en 4 éléments principaux qui seront décrits plus précisément par la suite: une électrode pour capter la distance entre la main et le contact, un circuit amplificateur entre le capteur et la carte STM32, une carte Nucleo STM32 (F301K8) et un servomoteur pour actionner la sortie du gel hydroalcoolique . Nous proposons donc le système décrit dans la Figure 3 qui montre l'architecture du système.

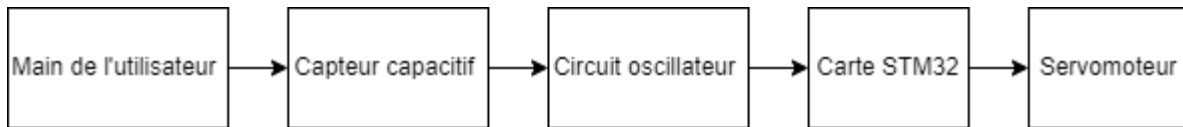


Figure 3 - Architecture générale du système

### 3.2. Logiciels et outils utilisés

Pour la mise en œuvre et le test de ce projet, j'ai utilisé le STM32CubeMX [3] qui est un programme de configuration pour STM32. Avec cet outil, nous pouvons choisir le microcontrôleur avec lequel nous voulons travailler, configurer la fonction des broches, générer un code de démarrage avec la configuration nécessaire pour le fonctionnement du microcontrôleur, entre autres fonctions. De plus, j'ai utilisé le STM32CubeIDE [4], une plateforme de développement C/C++ avancée avec des fonctions de génération, compilation et de débogage de code.

Dans ce projet, il a également été fait usage des équipements de laboratoire comme le fer à souder, l'oscilloscope, le générateur d'ondes, le multimètre et la source de tension et de courant comme nous pouvons le voir dans la Figure 4 ci-dessous.

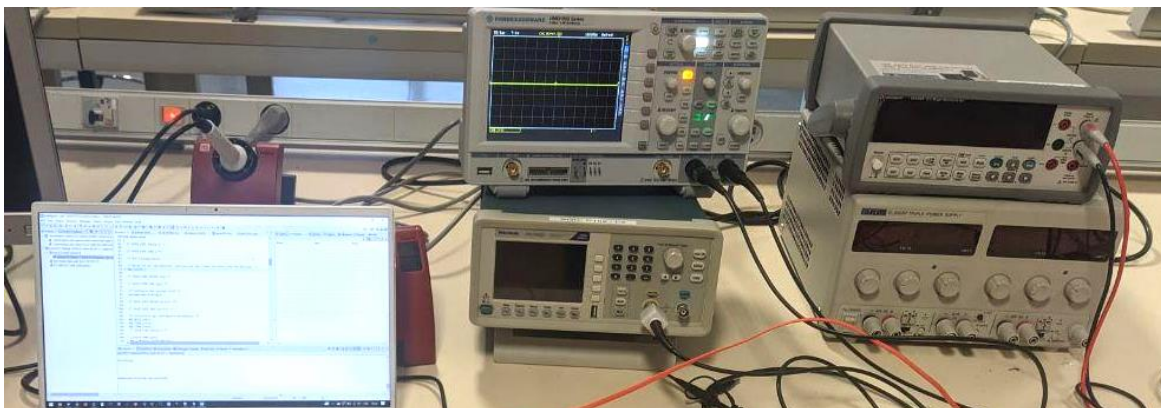


Figure 4 - Equipements de laboratoire utilisés  
Source: collection d'images de l'auteur [5]

### 3.3. Electrode

Le but de l'électrode dans ce projet est de savoir quand la main de l'utilisateur s'approche de la surface de contact de l'électrode. L'électrode va générer un champ électromagnétique autour de lui-même. Quand la main de l'utilisateur rentre dans le champ, celui-ci modifie la direction des lignes de champ, ce qui va modifier la valeur de la capacité de l'électrode, comme nous pouvons le voir sur la Figure 5. Nous pouvons remarquer qu'une relation existe entre la capacité et la distance entre l'électrode et la main.

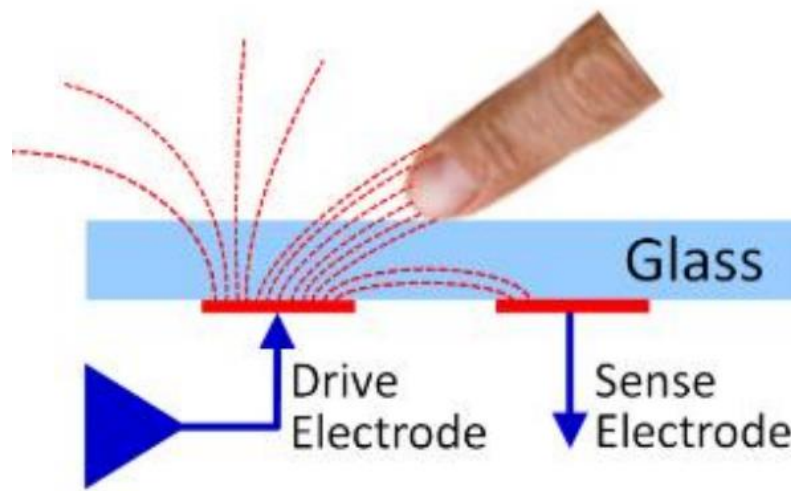


Figure 5 - Exemple de contact main-électrode  
Source: support de cours [6]

A partir de ces informations, j'ai cherché une électrode qui puisse capter une distance suffisante pour identifier la présence de la main de l'utilisateur, l'électrode utilisée est visible sur la Figure 6, la pièce d'électrode mesure 2,5 cm x 3 cm, une petite électrode était déjà suffisante pour ce projet.

Lors des séances utilisant le logiciel COMSOL, nous avons étudié et modélisé 3 configurations d'électrodes possibles, chacune avec ses avantages et ses inconvénients. Parmi les 3 configurations étudiées, comme le montre la Figure 7, nous utilisons la première, puisque le champ formé s'étend autour de l'électrode, tandis que celui généré par les 2 autres configurations est concentré principalement entre l'électrode et sa propre masse, réduisant sa portée.

Une information importante concernant la première configuration est que une des manières d'augmenter sa capacité nominale est d'augmenter sa surface. Avec une surface suffisamment grande, nous pouvons augmenter sa sensibilité et réduire le bruit capté.

Nous avons choisi alors une plaque métallique comme électrode. Avec cette configuration, les lignes de champs seront étendues sur l'espace. La perturbation de lignes de champs crée la variation de capacité qui nous permet d'identifier la proximité de la main de l'utilisateur.



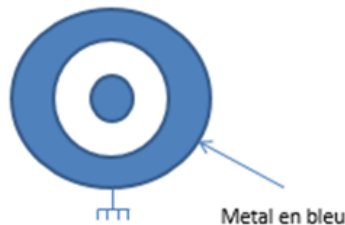
Figure 6 - Électrode utilisée dans le projet [5]

1 électrode polarisée



la main fera office de masse

2 électrodes : Masse extérieur



2 électrodes : Masse intérieur



Figure 7 - Les 3 types d'électrodes



### 3.4. Circuit Amplificateur

Pendant l'assemblage de ce circuit, j'ai acquis des connaissances sur la soudure qui ont été essentielles pour le développement du projet. La Figure 8 montre le circuit que j'ai utilisé où j'ai soudé moi-même les résistances et les points de test.

Nous avons vu que l'interférence entre le champ électromagnétique généré par l'électrode et la main provoque une variation de la capacité de l'électrode, et à partir de cette information nous pouvons découvrir la position de la main. Cependant, cette interprétation sera faite par un microcontrôleur, qui a besoin d'un circuit qui transforme les variations de capacité en un signal qu'il peut interpréter.

Nous utiliserons ensuite un circuit qui transforme les variations de capacité en variations de la période d'un signal. Le schéma du circuit utilisé est présenté à la Figure 9 et le layout du circuit dans la Figure 10. Le signal sur le port appelé "Sensor" est traité et amplifié et après est envoyé par l'intermédiaire de le port appelé "Signal". Nous pouvons utiliser la formule  $\text{Frequency} = 1/RC$  pour calculer la fréquence attendue et aussi la capacité parasite du circuit.

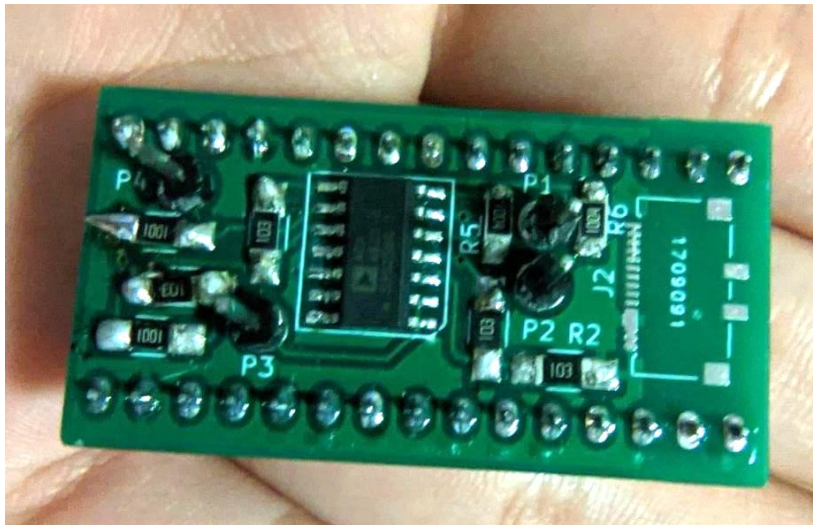


Figure 8 - Circuit Amplificateur [5]

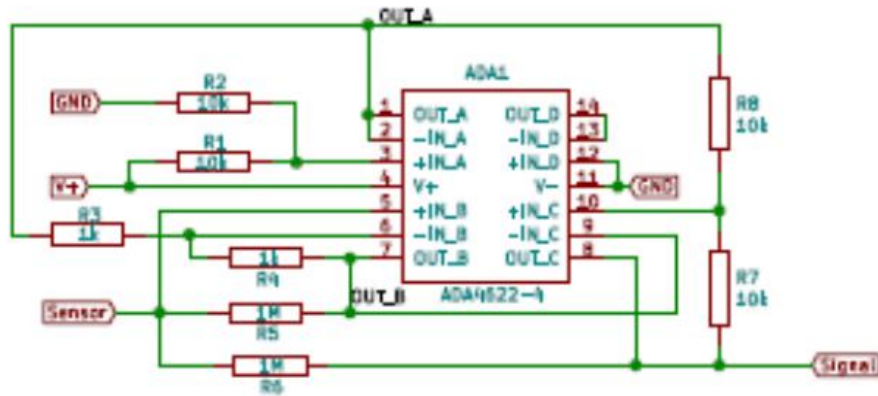


Figure 9 - Schematic du circuit Amplifier Operational [6]

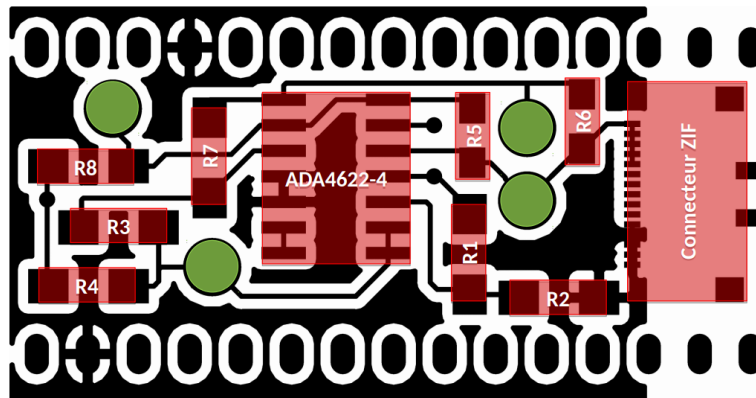


Figure 10 - Layout du circuit [6]

### 3.5. Carte Nucleo STM32

La série STM32 F3 est le deuxième groupe de microcontrôleurs STM32 basés sur le cœur ARM Cortex-M4F [7]. La série F3 a une ARM Cortex-M4F avec une fréquence maximale de 72 MHz, pour ce projet on a utilisé la fréquence de 32 MHz, aussi bien pour l'horloge que pour TIMER1, qui était l'interface où le signal de sortie de l'amplificateur était connecté, parce que, grâce à des tests, c'était la fréquence la plus stable qui permettait une bonne lecture de la sortie du circuit amplificateur.

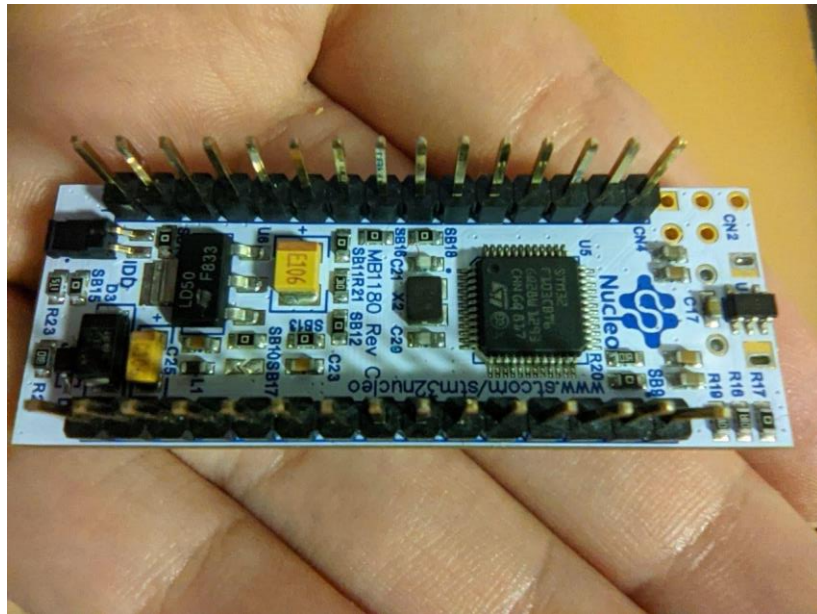


Figure 11 - STM32 [5]

J'ai obtenu presque la même fréquence que celle indiquée par l'oscilloscope, comme on peut le voir dans la vidéo disponible sur [8] en la mettant en relation avec les valeurs de la Figure 12. Pour le calcul de la fréquence, j'ai utilisé la formule  $\text{Frequency} = (\text{TIMCLOCK}/\text{PSC})/\text{Difference}$ , de sorte que Différence est égal à l'intervalle de deux signaux ascendants du signal lu.

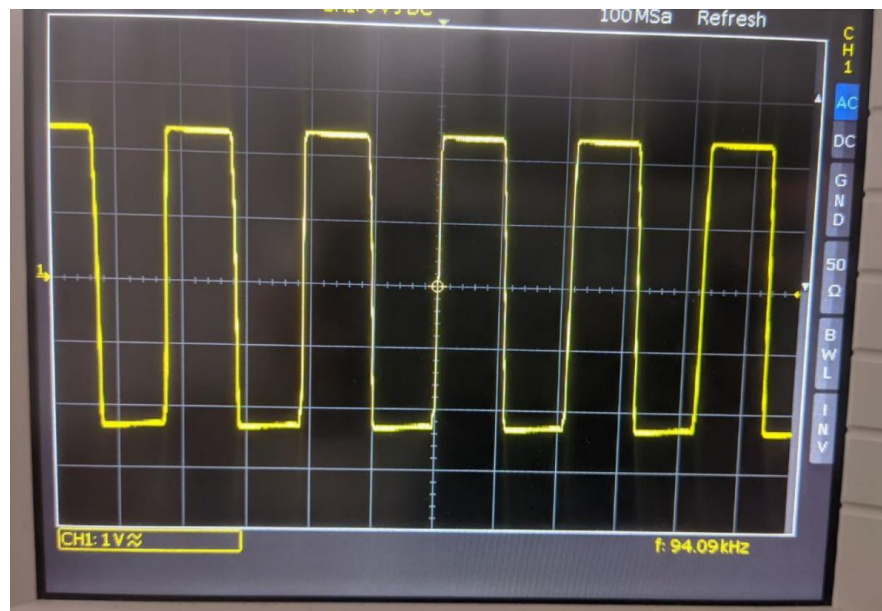


Figure 12 - Fréquence de sortie du circuit amplificateur sans contact de la main sur l'électrode

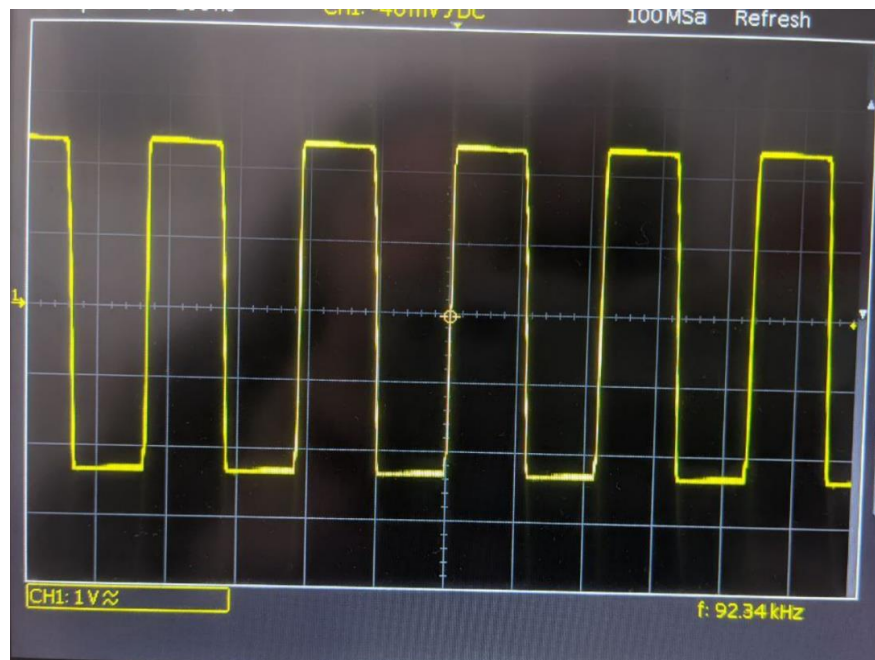


Figure 13 - Fréquence de sortie du circuit amplificateur avec contact de la main sur l'électrode

La fréquence du signal de sortie de l'amplificateur était d'environ 94 kHz sans contact avec la main et d'environ 92 kHz avec contact. Comme ce projet doit détecter l'absence ou la proximité de la main, même si les fréquences sont proches, cela a suffi pour que le projet fonctionne. Si nous voulons augmenter cette différence, nous pouvons utiliser une électrode avec une plus grande surface.

Pour détecter le moment de la lecture de la fréquence du signal d'entrée, j'ai utilisé l'interruption `HAL_TIM_IC_CaptureCallback` et pour lire effectivement la valeur capturée, j'ai utilisé la fonction `HAL_TIM_ReadCapturedValue`. Tout le code du projet est sous mon dépôt git disponible sur [9].

### 3.6. Servomoteur

Un servomoteur est un moteur électrique dont la principale différence avec les autres moteurs est le réglage du positionnement. Il est largement utilisé dans les applications où un contrôle précis du positionnement des pièces de l'équipement est essentiel pour son fonctionnement. La Figure 14 illustre le servomoteur utilisé dans ce projet.



Figure 14 - Le servomoteur utilisé [5]

La commande du servomoteur est obtenue par un signal d'entrée qui présente des niveaux de tension TTL et qui spécifie sa position. Le format de ce signal suit la modulation PWM (Pulse Width Modulation), comme illustré à la Figure 15. Une information est codée dans la modulation PWM par la largeur de l'impulsion en niveau haut par rapport à la période totale d'oscillation, c'est-à-dire par son facteur de forme (*duty cycle*). Le *duty cycle* est égal à la largeur des ondes x 100 divisée par la période.

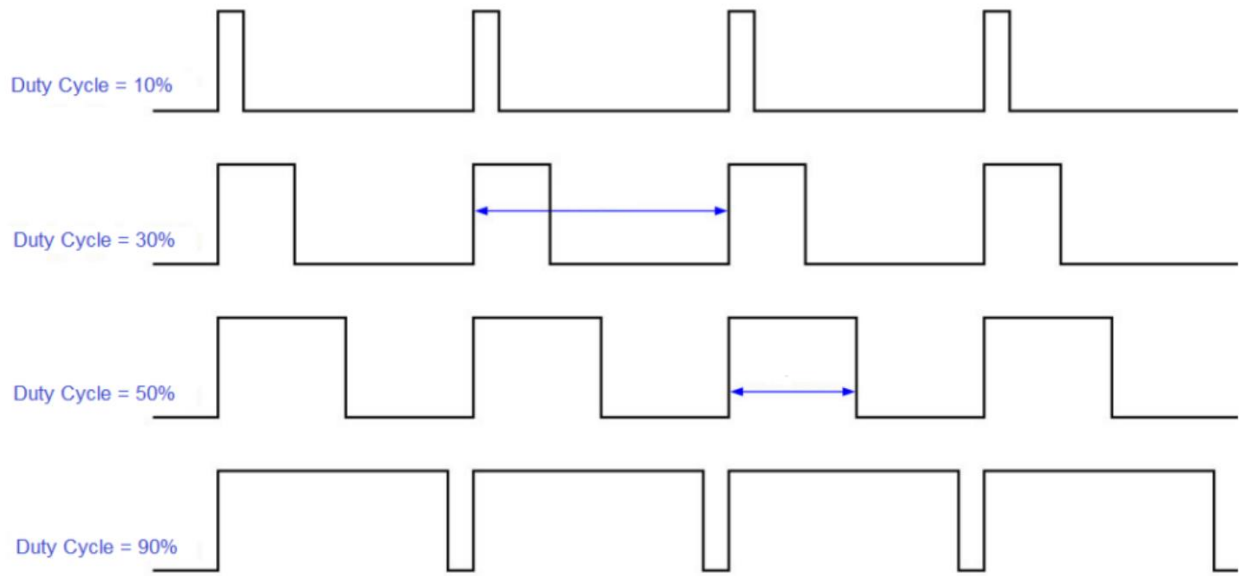


Figura 15 - Modulation PWM

Dans un servomoteur, la position est commandée par un signal dont la période est de 50 Hz et les impulsions d'une largeur de 1 à 2 ms, comme le montre la Figure 16. En faisant varier la largeur de l'impulsion, la position peut être modifiée jusqu'à 180°. Pour contrôler la position du servomoteur, l'actionneur responsable du déclenchement de la sortie du gel, j'ai utilisé la fonction `__HAL_TIM_SET_COMPARE`.

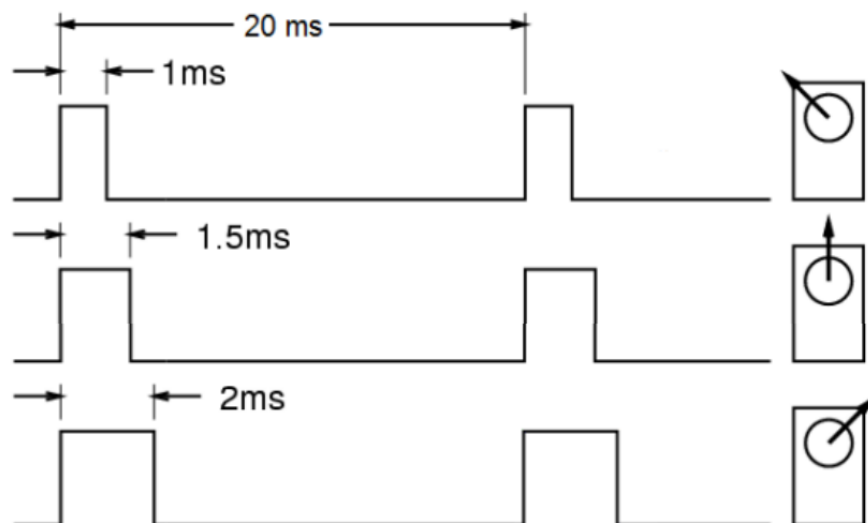


Figure 16 - Signaux de contrôle du servomoteur



## 4. Points bloquants et l'amélioration de la solution

Un des problèmes qui m'a fait perdre beaucoup de temps est le fait que j'ai soudé les résistances dans le circuit d'amplification comme indiqué sur la Figure 10, et j'aurais dû inverser la résistance 5 avec la résistance 8, cette erreur générerait des fréquences très élevées et variantes, autour de 500 kHz. Mais, en parlant avec les collègues de classe sur le problème, ils ont vite identifié et ils m'ont alerté qu'il y avait cette petite erreur dans le support de cours, dès que je l'ai corrigée, j'ai pu vérifier que mon code était correct et j'ai pu faire les lectures des fréquences correctement.

Comme proposition d'amélioration du prototype, je voudrais faire un conteneur approprié, mieux couplé au servo pour donner plus de durabilité et de stabilité mécanique au système. De plus, un autre point d'amélioration que je peux apporter est de faire des recherches bibliographiques pour trouver un temps d'attente idéal entre l'utilisation du gel. Je peux également rechercher un matériau pour protéger l'électrode de l'accumulation de gel sur sa surface sans interférer avec la lecture du signal de fréquence.

## 5. Conclusion

Ce projet m'a permis d'apprendre les techniques de soudage et la création d'électrodes dans le logiciel COMSOL, en plus de renforcer mes connaissances acquises dans la discipline Projet Robot sur la programmation des microcontrôleurs ST. Pendant le déroulement des séances pratiques, malgré les difficultés rencontrées au niveau de compréhension de la langue française en tant qu'élève étranger, j'ai pu bien profiter du cours dans sa totalité.

Avec l'aide et la guidance de l'enseignant et des supports du cours, j'ai pu concevoir un système qui m'a permis, néanmoins, de toucher à plusieurs aspects et sujets différents appris pendant le cours. En réalisant le codage, les tests et les simulations sur le système conçu, j'ai pu voir l'amélioration des résultats au fur et à mesure.

J'ai pu aussi bien élaborer que construire un Minimum Viable Product (MVP), j'ai pu emmener le projet avec moi pour une présentation de pitch devant un jury où j'ai eu l'occasion de montrer que le projet fonctionnait réellement. De plus, à chaque rapport que j'ai rédigé, je constate mon évolution avec la langue française, notamment à l'écrit, qui a toujours été le plus difficile pour moi.

## 6. References

- [1] WHO Guidelines on Hand Hygiene in Health Care - disponible sur <https://www.who.int/publications/i/item/9789241597906>
- [2] Journée mondiale du lavage des mains - disponible sur <https://www.afdb.org/fr/event/journee-mondiale-du-lavage-des-mains>
- [3] STM32Cube initialization code generator - disponible sur <https://www.st.com/en/development-tools/stm32cubemx.html>
- [4] STM32CubeIDE - Integrated Development Environment for STM32 - disponible sur <https://www.st.com/en/development-tools/stm32cubeide.html>
- [5] Collection d'images de l'auteur - disponible sur [https://drive.google.com/drive/folders/1JKnvfoccQxjAO3eyseAllJodKT3Hiym\]?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1JKnvfoccQxjAO3eyseAllJodKT3Hiym]?usp=sharing)
- [6] Support du cours Projet Prototypage
- [7] STM32 Nucleo-32 boards - disponible sur <https://www.mouser.fr/datasheet/2/389/en.DM00231744-1839615.pdf>
- [8] Vidéos de démonstration du projet - disponible sur <https://drive.google.com/drive/folders/1-eS4hBI1hx-FBBmuErUnAhfjKzSeLiqT?usp=sharing>
- [9] Dépôt avec le code du projet [https://github.com/michellykaren/prototyping\\_project](https://github.com/michellykaren/prototyping_project)