Rapport Final du Projet de Conception

ROTEM 360

Travail présenté à Emmanuel Bouendeu

Dans le cadre du cours GNG1503 [B]

Soumis par:

Camille Baril

Sonya Breault

Damon Demontigny

Andréanne Fortier

Samuel Raymond

le lundi 15 avril 2019

Université d’Ottawa

# Résumé

Ce rapport traite du processus de conceptualisation qui a été suivi pour obtenir le Rotem 360, un robot de cuisson automatisé. Toutes les étapes et recherches nécessaires à la conceptualisation du robot seront citées.

Dans un premier temps, les problèmes à résoudre sont le temps d’attente dans les restaurants de l’Université d’Ottawa ainsi que les besoins que le client à demander à être rencontrés soit abordés en plus amples détails. Ils seront expliqués et appuyés à l’aide des résultats des recherches faites pour les étalonnages.

Dans une seconde partie, la conceptualisation du robot qui explique les différentes idées des solutions trouvées sera évoquée. Cette dernière donne les avantages et désavantages de chaque idée ainsi que l’analyse de la solution retenue. De plus, une nomenclature des matériaux utilisés et un horaire des tâches seront expliqués.

Dans une troisième partie, une analyse des coûts ainsi que les essais faits sur les différents types de prototypes seront développées.

Finalement, une explication complète du Rotem 360 et des recommandations pour des travaux futurs sera suggérée. De plus, ce rapport inclut deux appendices, un manuel de l’utilisateur et des fichiers de conception pour continuer le travail**.**

# Table des matières

[Résumé 2](#_Toc5610332)

[Table des matières 3](#_Toc5610333)

[Liste de figue 4](#_Toc5610334)

[Liste des tableaux 5](#_Toc5610335)

[1 Introduction 6](#_Toc5610336)

[2 Identification des Besoins et Processus de Spécification du Produit 6](#_Toc5610337)

[2.1 Énoncé du problème: 6](#_Toc5610338)

[2.2 Étalonnage: 7](#_Toc5610339)

[2.2.1 Types de plaque chauffante 7](#_Toc5610340)

[2.2.2 Types de panne 7](#_Toc5610341)

[2.2.3 Types de spatule 8](#_Toc5610342)

[2.3 Critères de conception et métrique 9](#_Toc5610343)

[2.4 Spécifications cibles 10](#_Toc5610344)

[3 Conceptualisation 11](#_Toc5610345)

[3.1 Prototype 1: Simdis (distributeur simultané) 11](#_Toc5610346)

[3.2 Prototype 2: A.M.C. 180o (Automaton multi capacité 180°) 12](#_Toc5610347)

[3.3 Prototype 3: Rotem 360o (Émulateur de rotation prime 360°) 13](#_Toc5610348)

[3.4 Analyse du meilleur prototype 15](#_Toc5610349)

[4 Plan du Projet, Suivi et Nomenclature des Matériaux 15](#_Toc5610350)

[4.1 Plan du projet 15](#_Toc5610351)

[4.2 Nomenclature des matériaux 16](#_Toc5610352)

[5 Analyse 16](#_Toc5610353)

[6 Prototypage, Essai et Validation du Client 17](#_Toc5610354)

[6.1 Prototype 1 17](#_Toc5610355)

[6.2 Prototype 2 17](#_Toc5610356)

[7 Solution Finale 19](#_Toc5610357)

[8 Conclusions et Recommandations pour Travaux Futurs 21](#_Toc5610358)

[9 Bibliographie 22](#_Toc5610359)

[Appendice 23](#_Toc5610360)

[Appendice 1 : Manuel de l’utilisateur 23](#_Toc5610361)

[Appendice 2 24](#_Toc5610362)

# Liste de figue

[Figure 1-Type de plaque chauffante 7](#_Toc5806336)

[Figure 2- Type de panne 7](#_Toc5806337)

[Figure 3- Type de spatule 8](#_Toc5806338)

[Figure 4- Simdis 12](#_Toc5806339)

[Figure 5- A. M. C. 180 13](#_Toc5806340)

[Figure 6- Rotem 360 14](#_Toc5806341)

[Figure 7- Diagramme de Gantt 15](#_Toc5806342)

[Figure 8- Nomenclature des matériaux 16](#_Toc5806343)

[Figure 9- Prototype 1 17](#_Toc5806344)

[Figure 10- Système de contrôle 18](file:///C:\Users\Andréanne\Desktop\GNG1503\Rapport%20final.docx#_Toc5806345)

[Figure 11- Structure 18](file:///C:\Users\Andréanne\Desktop\GNG1503\Rapport%20final.docx#_Toc5806346)

[Figure 12- Prototype 3 19](#_Toc5806347)

[Figure 13- Bras mélangeur 20](file:///C:\Users\Andréanne\Desktop\GNG1503\Rapport%20final.docx#_Toc5806348)

[Figure 14- Bras rotatif 20](file:///C:\Users\Andréanne\Desktop\GNG1503\Rapport%20final.docx#_Toc5806349)

[Figure 15- Régulateur de température 20](file:///C:\Users\Andréanne\Desktop\GNG1503\Rapport%20final.docx#_Toc5806350)

[Figure 16- Sous-système 1 24](#_Toc5806351)

[Figure 17- Sous-système 2 25](#_Toc5806352)

[Figure 18- Sous-système 3 25](#_Toc5806353)

# Liste des tableaux

[Tableau 1- Critère de conception 9](#_Toc5787820)

[Tableau 2- Spécifications cibles 10](#_Toc5787821)

[Tableau 3- Simdis 11](#_Toc5787822)

[Tableau 4-A. M. C. 180 12](#_Toc5787823)

[Tableau 5- Rotem 360 14](#_Toc5787824)

[Tableau 6- Budget 17](#_Toc5787825)

# Introduction

Toutes idées de conceptualisation s’inspirent de soit une ou plusieurs sources ou tout simplement l’imagination, ce qui explique pourquoi plusieurs conceptions essayant d’accomplir le même objectif sont toutes uniques. Cela étant dit, notre conception a été basse tout simplement en combinant nos idées. Cette méthode est de remue-méninges d’idées, permet de faciliter la génération du concept le plus efficace possible en combinant toutes nos idées. Cependant, notre groupe avait comme objectif d’accomplir cette tâche d’une façon unique afin de créer une conception qui pourrait potentiellement être plus efficace que le modèle dont nous avons vue en classe. Pour cette raison, après avoir fait l’étalonnage de divers produits, nous avons identifié les méthodes et idéologies qui nous satisferaient les besoins du client le plus. C’est pour cette raison pour lesquelles nous avons créé le Rotem 360 pour la solution la plus efficace au problème de notre client.

Les besoins fondamentaux de l’utilisateur reflètent notre conception, car comme mentionnés auparavant, cela était notre inspiration principale lors de la fabrication de nos prototypes. Les besoins de l’utilisateur sont les mêmes que les besoins du client et puisque notre objectif est de satisfaire les clients, les besoins du client a été notre priorité principale tout le long de ce projet. Les besoins étaient les suivants : de cuire des mets de façons cohérentes et rapides, de contrôler la température lors de la cuisson et de nettoyer tous les appareils utilisés lors de la cuisson de façon indépendante.

Comme mentionné auparavant, la conceptualisation génère une grande diversité de solutions à un même problème. Ceci explique pourquoi la plupart des solutions ont toutes des aspects uniques. Notre concept prouve être supérieur pour diverses raisons. Premièrement, la panne est interchangeable, c’est-à-dire dépendant de la quantité de nourriture qui doit se faire cuire, la panne peut être changée pour une soit plus grande ou plus petite. Deuxièmement, notre produit a été capable d’atteindre toutes les attentes du client. Plusieurs autres produits n’ont pas été capables de faire pareillement et certains ont même surpassé le budget. Ceci nous apporte à notre troisième point, l’aspect budgétaire. Après avoir créé trois prototypes, notre prototype n’a jamais à un point surmonté le budget dont nous avons été assignés. Du point de vue du client, le plus que le prix est réduit le plus compatible et voulu le produit devient.

# Identification des Besoins et Processus de Spécification du Produit

## ***Énoncé du problème***:

Les services Alimentaire de l’Université d’Ottawa ont besoin d’un robot culinaire qui permet d’exécuter de plats « casual » rapidement, de manière constante, abordable et personnalisable.

## Étalonnage:

Dans cette section, nous allons comparer différents types de plaques chauffantes, de pannes et de spatules afin de déterminée les meilleures options pour notre robot de cuisson.

### Types de plaque chauffante

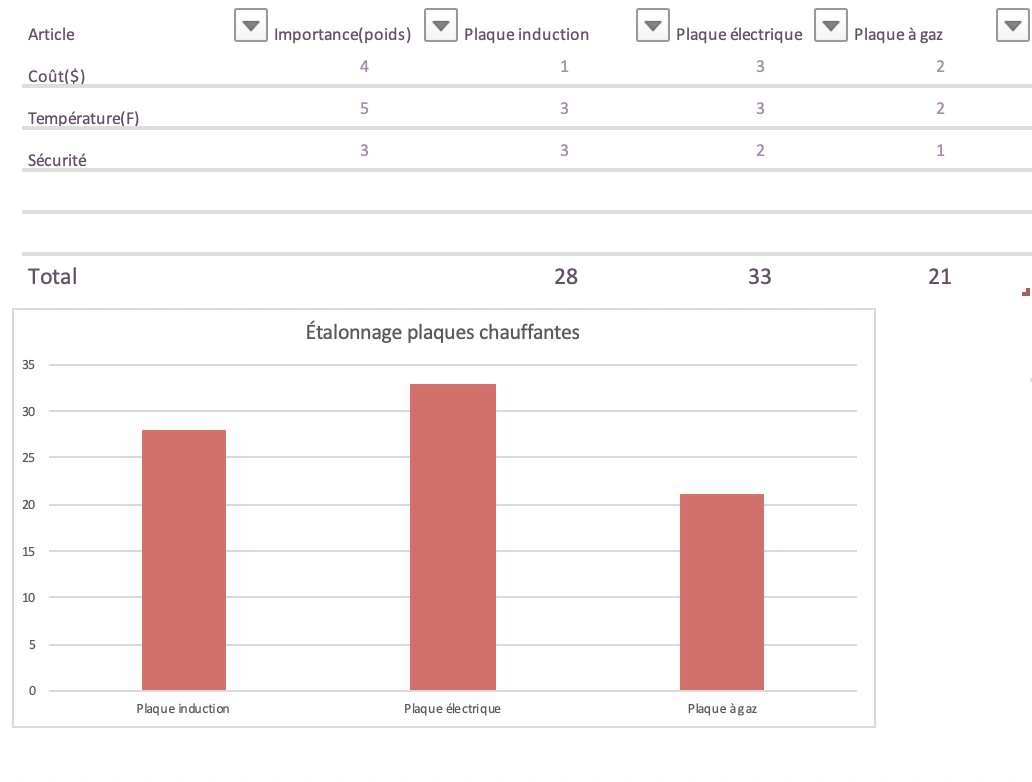


Figure 1-Type de plaque chauffante

Les plaques chauffantes sont importantes pour la cuisson de nos plats, les choix sur le marché sont les plaques à induction, les plaques à gaz et les plaques électriques. Ils doivent satisfaites les contraintes suivantes : la sécurité, le coût et la température maximale. Grâce à l’étalonnage, nous avons pu constater que la plaque électrique serait la meilleure solution pour notre situation.

### Types de panne

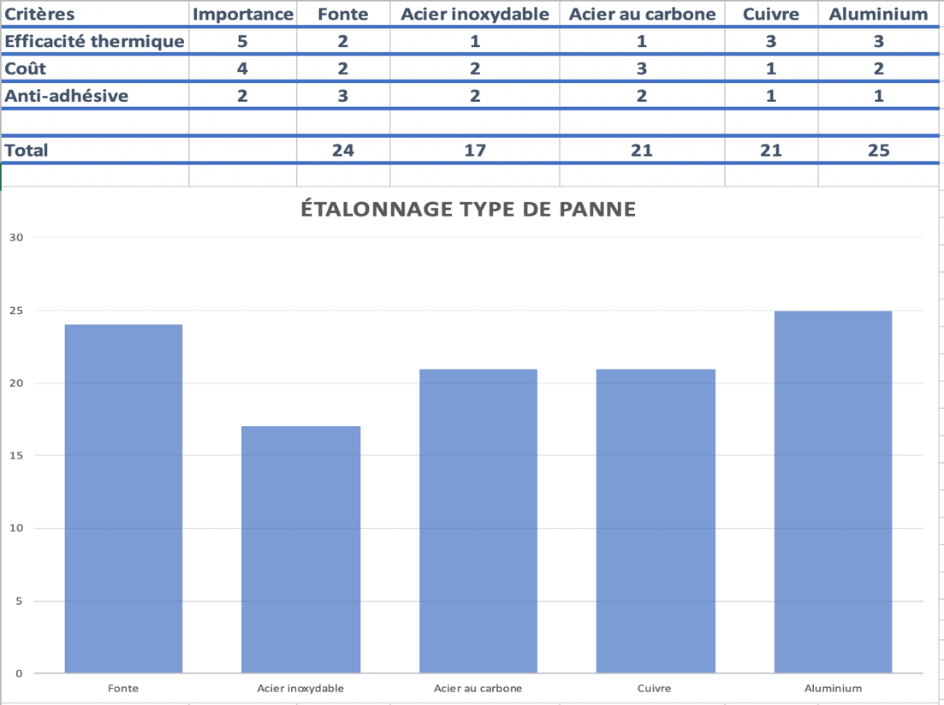
****

Figure 2- Type de panne

Le type de panne que nous utiliserons est très important pour la cuisson de nos plats. Les différents choix de pannes disponibles sur le marché sont les pannes en fonte, les pannes en acier inoxydable, les pannes en acier en carbone, les pannes en cuivre et les pannes en aluminium. Les critères qu’elles doivent satisfaire sont les suivants : l’efficacité thermique, le coût et l’anti-adhésivité. Après avoir fait l’étalonnage, nous avons pu constater que la meilleure panne à utiliser dans notre cas est la panne d’aluminium.

### Types de spatule

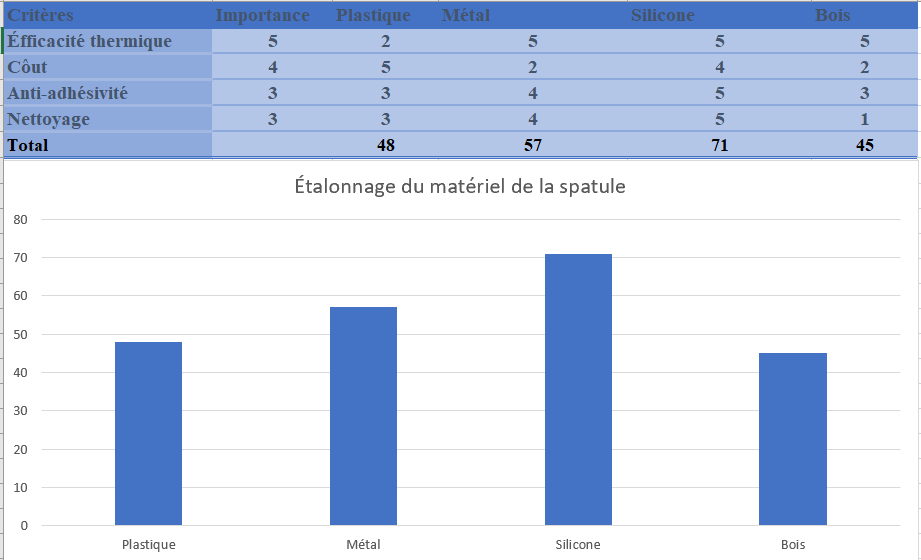


Figure 3- Type de spatule

Le type de spatule que nous utiliserons est très important pour assurer la cuisson ample et équitable des plats à préparer. Les différents choix de matériaux pour les spatules sont le plastique, le métal, le silicone et le bois. Les caractéristiques qu’ils doivent avoir sont l’efficacité thermique, le coût, l’anti-adhésivité et le nettoyage. Après avoir fait l’étalonnage, on peut constater que le meilleur choix est le silicone.

## Critères de conception et métrique

Dans cette section, nous allons associée des critères de conception au besoins interprétés du client.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Numéro** | **Besoins** | **Critères de conception** |
| **1** | Le robot peut cuire un repas au complet. | Poids plat 500g  200g protéines maximum  115g protéines minimum |
| **2** | Le robot peut cuisiner rapidement. | Temps(minute)  8 minutes maximum |
| **3** | Il faut que le robot soit capable de personnaliser le repas de l’utilisateur. | Personnalisable  Efficacité mesurée sur une échelle de 1 à 5 |
| **4** | Le robot peut être facile à utiliser. | Simplicité d’utilisation  Sur une échelle de 1 à 5 |
| **5** | Le robot peut être consistant avec le temps de cuisson. | Temps(seconde)  Temps compatible de cuisson sous 8 minutes |
| **6** | Le robot peut être compatible avec la cuisson pour le même aliment. | Température sécuritaire par aliments (°F)  Temps de cuisson (seconde)  Uniformité mesurée sur une échelle de 1 à 5 |
| **7** | Le robot peut produire la même qualité de repas chaque fois. | Constance d’exécution  Sur une échelle de 1 à 5 |
| **8** | Le robot peut contrôler les portions pour qu’ils soient tous pareils. | Contrôle des portions  Tous repas sont de 500g |
| **9** | Le robot peut contrôler la séquence des ingrédients. | Contrôle des ingrédients.  Mesuré sur une échelle de 1 à 5 |
| **10** | Le robot peut avoir des températures de 0 à 500 degrés Fahrenheit. | Température (°F)  0-500 degrés Fahrenheit |
| **11** | Le robot peut transférer le repas dans une assiette. | Le robot est programmé pour transférer le repas sur une assiette.  Mesuré sur une échelle de 1 à 5 |
| **12** | Le robot peut mélanger les ingrédients. | Mélange des ingrédients.  Sur une échelle de 1 à 5 |
| **13** | Le robot peut varier la cuisson selon chaque ingrédient. | Température varie selon les ingrédients(°F)  Efficacité de la variation sur une échelle de 1 à 5 |
| **14** | Le robot peut se laver après chaque plat. | Propreté sur une échelle de 1 à 5 |
| **15** | Le robot peut avoir une grande surface de cuisson. | Surface de cuisson(cm2)  23 cm de dimensions |
| **16** | Le robot a un cout abordable. | Coût de conception ($)  Coût sous 100$ |

Tableau 1- Critère de conception

## Spécifications cibles

Dans cette section, nous allons associer des spécifications cibles aux critères de conception énumérés ci-haut.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Numéro** | **Critères de conception** | **Idéale** | **Acceptable** |
| **1** | Poids plat 500g  200g protéines maximum  115g protéines minimum | 500g | 450g |
| **2** | Temps(minute)  8 minutes maximum | Moins de 8 minutes | De 8 à 10 minutes |
| **3** | Personnalisable  Efficacité mesurée sur une échelle de 1 à 5 | 5 | 3 |
| **4** | Simplicité d’utilisation  Sur une échelle de 1 à 5 | 4 | 2 |
| **5** | Temps(seconde)  Temps compatible de cuisson sous 8 minutes | Moins de 8 minutes | De 8 à 10 minutes |
| **6** | Température sécuritaire par aliments (°F)  Temps de cuisson (seconde)  Uniformité mesurée sur une échelle de 1 à 5 | 5 | 3 |
| **7** | Constance d’exécution  Sur une échelle de 1 à 5 | 5 | 3 |
| **8** | Contrôle des portions  Tous repas sont de 500g | Tous repas sont de 500g. | Plus ou moins 50g de différence |
| **9** | Contrôle des ingrédients.  Mesuré sur une échelle de 1 à 5 | 4 | 3 |
| **10** | Température (°F)  0-500 degrés Fahrenheit | 0-500 degrés Fahrenheit. | 0-400 degrés Fahrenheit. |
| **11** | Le robot est programmé pour transférer le repas sur une assiette.  Mesuré sur une échelle de 1 à 5 | 4 | 1 |
| **12** | Mélange des ingrédients.  Sur une échelle de 1 à 5 | 5 | 3 |
| **13** | Température varie selon les ingrédients(°F)  Efficacité de la variation sur une échelle de 1 à 5 | 4 | 2 |
| **14** | Propreté sur une échelle de 1 à 5 | 5 | 3 |
| **15** | Surface de cuisson(cm2)  23 cm de dimensions | 23 cm | Plus ou moins 5 cm |
| **16** | Coût de conception ($)  Coût sous 100$ | Sous 100$ | Sous 110$ |

Tableau 2- Spécifications cibles

# Conceptualisation

Dans cette section, nous allons présenter et analyser les trois idées que nous avons créé lors de la conceptualisation.

## Prototype 1: Simdis (distributeur simultané)

Le prototype 1 consiste à utiliser la panne de cuisson comme l’assiette du client. La poêle repose sur une plaque chauffante qui cuit les aliments, la sauce serait distribuée par un tube situé près de la poêle. Les aliments seront brassés par un bras mécanique muni de spatule situé au-dessus de la poêle. La température sera ajustée par un programme contrôlant la température de la plaque chauffante. L’avantage principal de ce prototype est qu’elle ne nécessite aucun mécanisme de nettoyage et de transfert d’assiette, ceci permettrait de diminuer les coûts de moteurs et de matériaux.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Catégories** | **Avantages** | **Désavantages** |
| Distribution des aliments/sauces | Puisque nous utiliserons deux tubes, le nettoyage de ces derniers ne sera pas une inquiétude immédiate. | Puisque nous utilisons un système de tubes, nous serons obligé d’acheter deux types au lieu d’un seul ce qui doublerait nos coûts et diminuerait de 5$ notre budget total. |
| La méthode pour mélanger | Le bras mécanique permet un bon mélange des ingrédients. | Le coûts des moteurs et des matériels est élevé. |
| Transférer le repas dans l’assiette | En utilisant la panne comme l’assiette du client, nous réduisons le montant d’élément à nettoyer. | Quelqu’un doit venir enlever la panne de la plaque et la transférer sur une assiette de bois. Cette personne doit aussi remettre une panne sur la plaque afin que le robot recommence à cuisiner. |
| Nettoyage | Il y a beaucoup moins de nettoyage à faire puisque la panne sert comme assiette. | Un employé doit nettoyer les pannes à la main. |
| Contrôle de température | Ne requiert pas la fabrication d’une pièce fabriquer à la main qui permet de réglementer la température. | Demanderait une connaissance supérieure de ce que nous avons présentement sur la programmation afin d'être capable de programmer la plaque chauffante elle-même. |

Tableau 3- Simdis

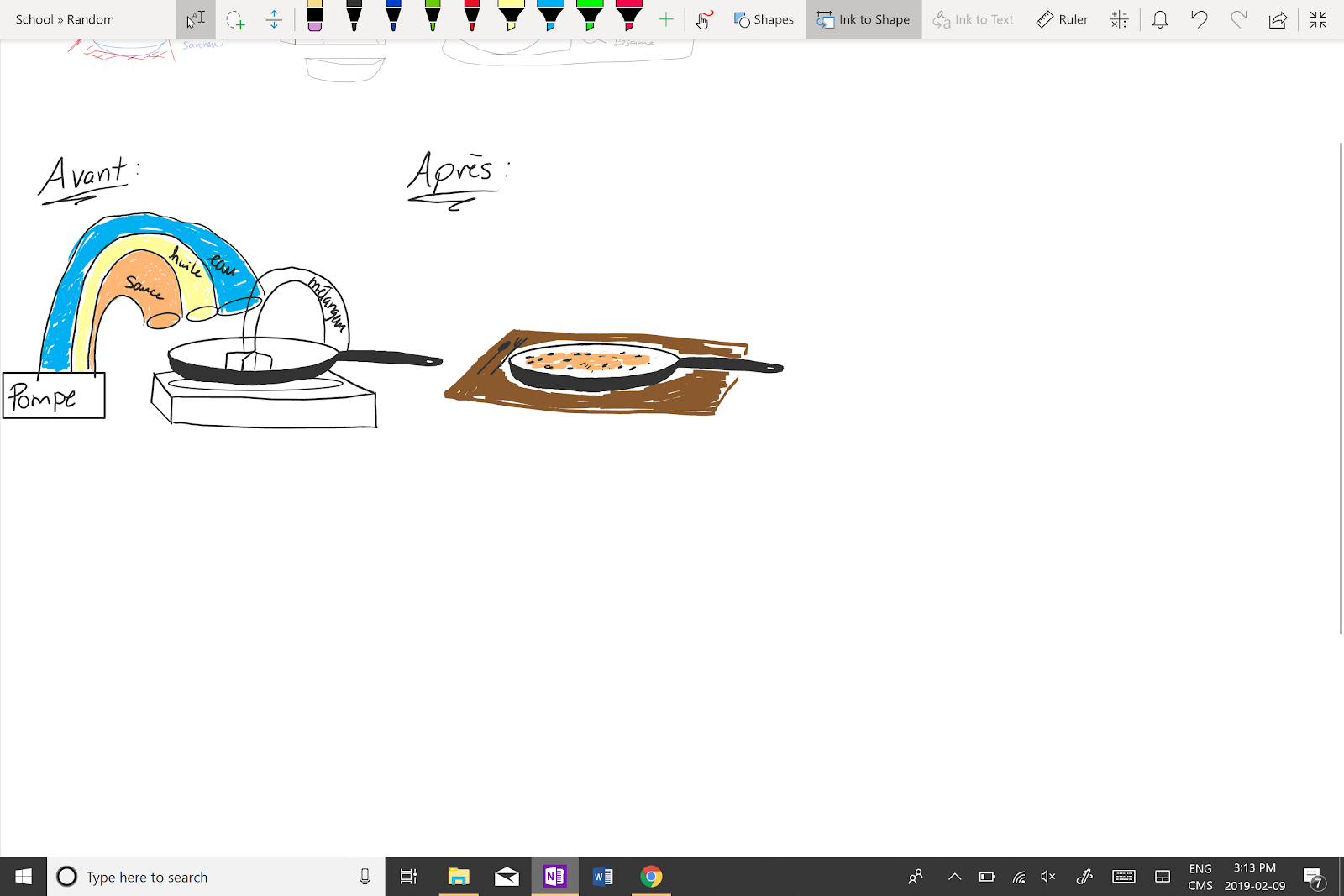


Figure 4- Simdis

## Prototype 2: A.M.C. 180o (Automaton multi capacité 180°)

Le prototype 2 comprend une poêle qui repose sur une plaque chauffante. Cette dernière est programmée pour pouvoir varier la température de cuisson selon les ingrédients à cuire. Les aliments à cuire et les sauces vont arriver dans la poêle par des tubes séparés. Le poêle pivote pour transférer les mets cuits dans une assiette et aussi pour faciliter le rinçage du poêle puisqu’il peut disposer de l’eau savonneuse utilisée pendant le nettoyage. Ce modèle est muni d’un couvercle auquel est rattaché un bras rotatif doté de spatule pour mélanger les aliments lorsque le couvercle recouvre la poêle. L’avantage principal de ce prototype est la vitesse de cuisson due au couvercle.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Catégories** | **Avantages** | **Désavantages** |
| Distribution des aliments/sauces | Puisque nous utiliserons un tube différent pour chaque ingrédient/sauce, le nettoyage de ces derniers ne sera pas une inquiétude immédiate. | Puisqu’il faut une pompe et un tube pour chaque différent type de sauces/ingrédient, il est presqu’impossible de respecter le budget de 100$. |
| La méthode pour mélanger | Mélanger les mets de façon équitable et efficace. | Difficile à nettoyer. |
| Transférer le repas dans l’assiette | Puisque le robot peut verser le repas dans une assiette seul, il y a moins d’entretien humain. | On doit s’assurer de toujours avoir une assiette en place dans laquelle le robot peut verser la nourriture afin d’éviter un dégât. |
| Nettoyage | Mécanisme simple d’ajout d’eau savonneuse. | Mécanisme compliqué de débarras d’eau savonneuse. |
| Contrôle de température | Ne requiert pas la fabrication d’une pièce fabriquer à la main qui permet de réglementer la température.  . | Demanderait une connaissance supérieure de ce que nous avons présentement sur la programmation afin d'être capable de programmer la plaque chauffante elle-même. |

Tableau 4-A. M. C. 180

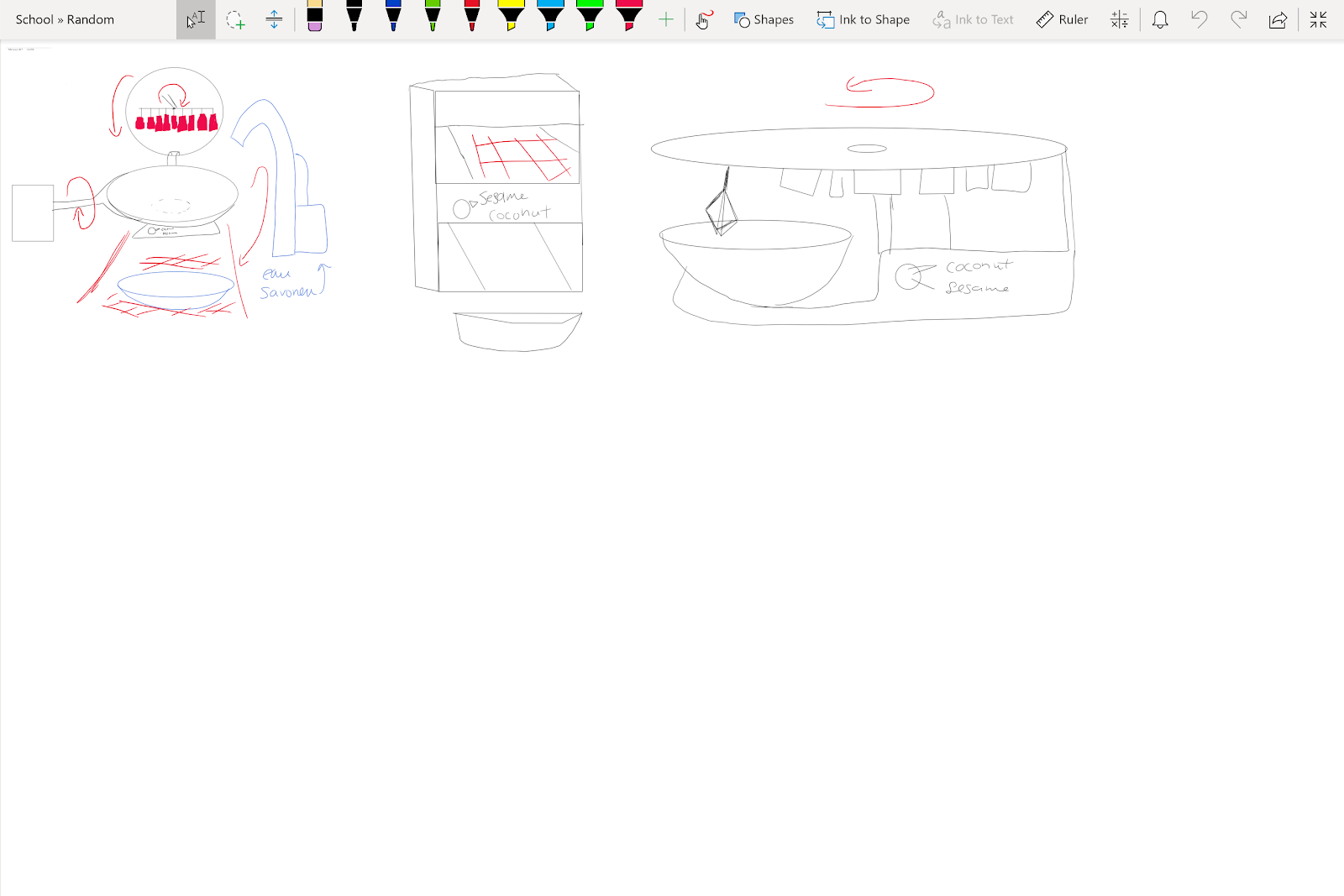


Figure 5- A. M. C. 180

## Prototype 3: Rotem 360o (Émulateur de rotation prime 360°)

Le prototype 3 consiste d’une poêle antiadhésive qui repose sur une plaque chauffante. La poêle sera attachée à bras mécanique qui va pouvoir faire des motions dans tous les sens. Ce bras va lever la poêle et va faire un mouvement de va-et-vient à une vitesse moyenne pour mélanger les ingrédients. Il va aussi pouvoir faire une rotation autour du bras mécanique et une rotation horizontale pour déposer le repas dans l’assiette et être capable de disposer de l’eau savonneuse lors du nettoyage. Les aliments à cuire et les sauces vont arriver dans la poêle par des tubes séparés. La température va être contrôlée à l’aide d’un programme dans la plaque chauffante qui va varier selon la température désirée. L’avantage principal de ce prototype est la diminution des coûts de matériaux et de moteurs pour le processus de mélange.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Catégories** | **Avantages** | **Désavantages** |
| Distribution des aliments/sauces | Puisque nous utiliserons un tube différent pour chaque ingrédient/sauce, le nettoyages de ces derniers ne sera pas une inquiétude immédiate. | Puisqu’il faut une pompe et un tube pour chaque différents types de sauces/ingrédient, il est presqu’impossible de respecter le budget de 100$. |
| La méthode pour mélanger | Puisque le bras mécanique peut faire un mouvement de va-et-vient pour mélanger les ingrédient, nous n’avons pas à se préoccuper d’inclure un autre mécanisme au dessus de la poêle qui servirait à mélanger, ce qui réduit le coût du robot. | Nous devons s’assurer que le mouvement de va-et-vient n’est ni trop rapide, ni trop lent, ce qui posera un défi. Si le mouvement est trop lent, les ingrédient ne se feront pas bien mélanger, tandis que s’il est trop rapide, les ingrédients risque de tomber en dehors de la poêle. |
| Transférer le repas dans l’assiette | Le bras mécanique peut facilement verser la nourriture dans un assiette.  Il n’y a donc aucun contact humain. | On doit s’assurer de toujours avoir une assiette en place dans laquelle le robot peut verser la nourriture afin d’éviter un dégât. |
| Nettoyage | Le bras mécanique peut facilement tourner la poêle afin de l'arroser avec un jet d’eau qui la nettoiera, donc il n’y a aucun contact humain nécessaire. | Il sera compliqué d’inclure une source d’eau au robot. |
| Contrôle de température | Ne requiert pas la fabrication d’une pièce fabriquer à la main qui permet de réglementer la température. | Demanderait une connaissance supérieure de ce que nous avons présentement sur la programmation afin d'être capable de programmer la plaque chauffante elle-même. |

Tableau 5- Rotem 360

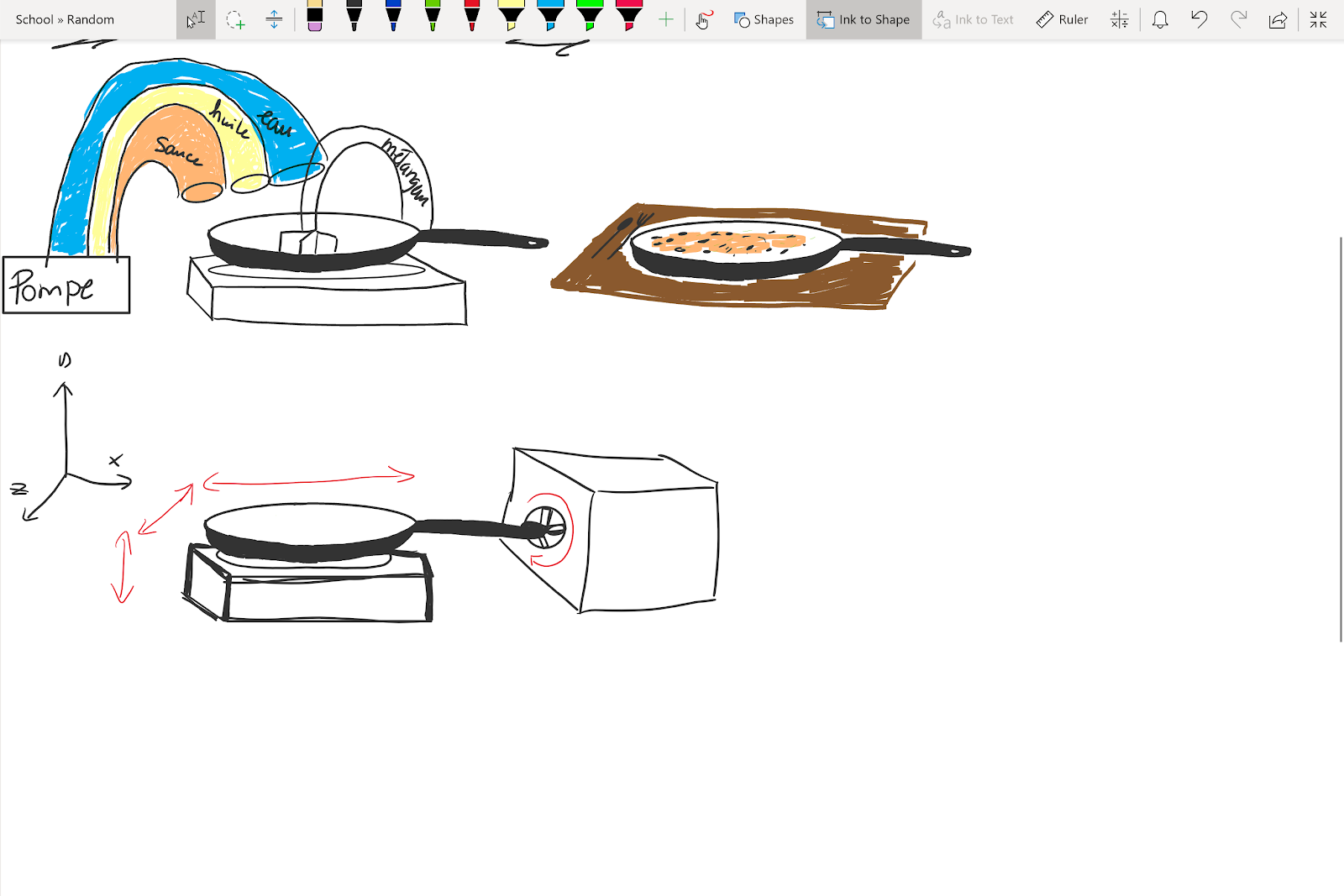
****

Figure 6- Rotem 360

## Analyse du meilleur prototype

Le meilleur prototype est selon nous le troisième puisque ce dernier est le plus réaliste et l’option la moins coûteuse. Il est le plus simple à concevoir sans rencontrer trop de défi associé à la programmation ce qui est très avantageux pour nous avec les connaissances que nous avons. Il est aussi le plus simple à utiliser puisqu’il ne requiert aucune interaction humaine. De plus, dû à la motion de va-et-vient, nous ne sommes pas obligés d’inclure un instrument pour mélanger le repas ce qui nous enlève les soucis du nettoyage de cette partie. Aussi, ce robot est le plus petit des trois puisqu’il contient seulement un bras mécanique (sans compter le système de distribution des aliments et sauces) qui fait tout le travail donc il est plus facile de la placer dans une cuisine. Après avoir fait quelques recherches, nous avons conclu que le prototype 3 est celui qui nous permettra le plus de demeurer à l’intérieur du budget et nous permettra de respecter tous les critères de conception puisqu’il contient le ratio le plus élevé d’avantage/désavantage. Pour conclure, le prototype 3 est un choix idéal pour notre groupe et nous permettra d’accomplir toutes nos tâches avec excellence, toujours en respectant les demandes du client.

# Plan du Projet, Suivi et Nomenclature des Matériaux

## Plan du projet

Voici le diagramme Gantt que notre équipe avait planifier suivre lors de l’assemblage de notre projet.

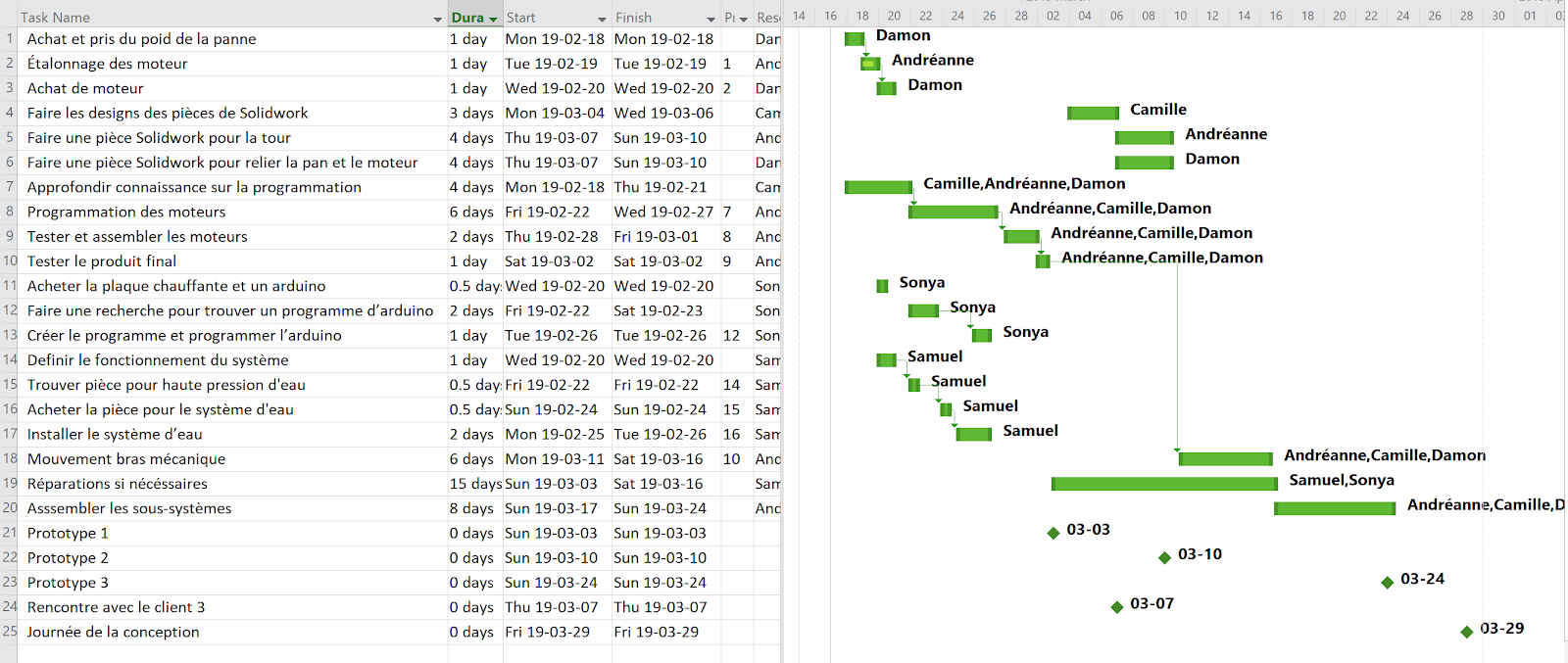


Figure 7- Diagramme de Gantt

Dû à plusieurs imprévues, le suivi ne s’est pas exécuté comme prévu. En réalité, notre équipe s’est adaptée à apprendre comment coder pendant qu’on assemblait notre projet. Aussi, plusieurs parties étaient déjà existantes et n’ont pas requis le temps total alloué pour l’exécution et l’autre partie a pris plus de temps. Par exemple, les équipes avaient à partager les plaques chauffantes, alors l’achat d’une plaque n’était pas nécessaire. De plus, le code utilisé pour un des moteurs était retrouvé dans les exemples fournis dans l’application Arduino. Par contre, la programmation des moteurs de rotation de la panne et des bras mélangeurs nous a causé d’innombrables problèmes très coûteux et en tenant compte du temps que nous avions pour les résoudre. Encore, nous avons fait l’omission du système de nettoyage due à des contraintes budgétaires. En conclusion, le suivi diverge extrêmement des évènements planifiés par le diagramme de Gantt.

## Nomenclature des matériaux

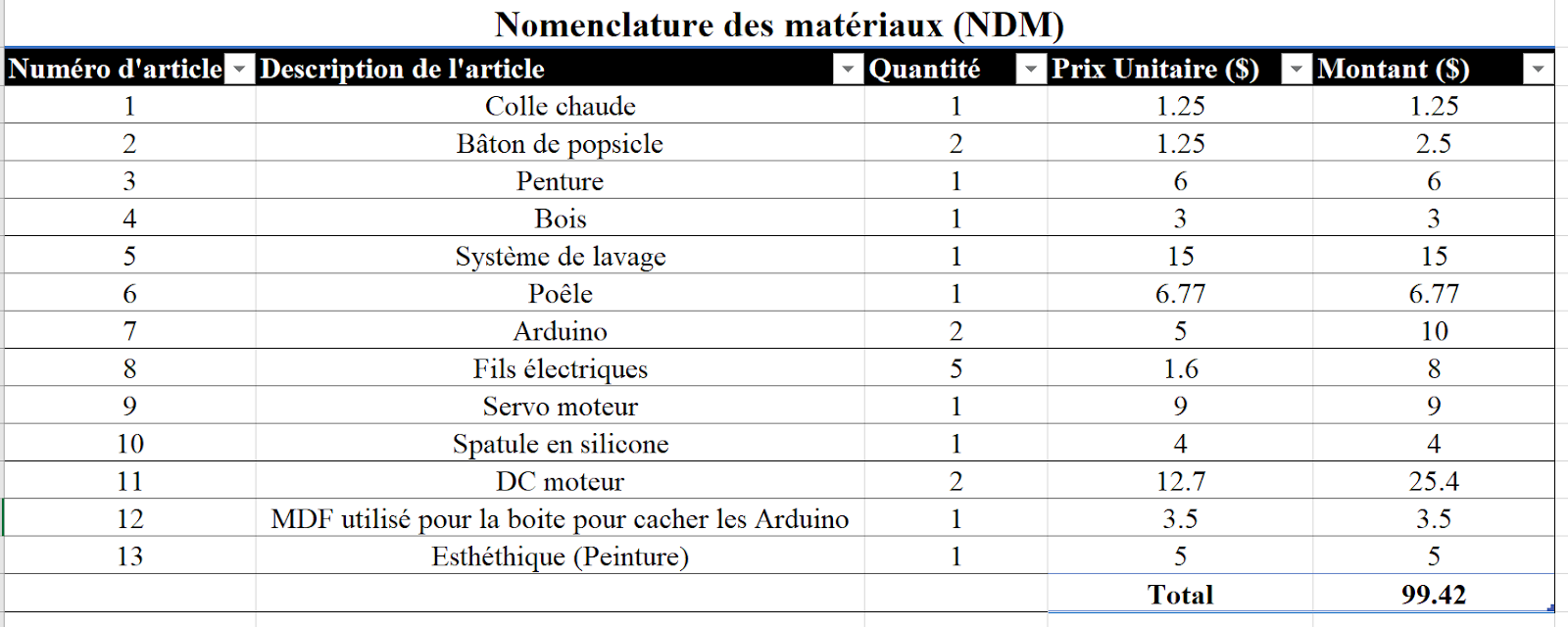


Figure 8- Nomenclature des matériaux

# Analyse

Le facteur qui a le plus influencé nos prototypes était le budget. Puisque notre budget était de seulement 100 $, nous avons dû choisir soigneusement les matériaux pour être capables de rester dans le budget qui nous était alloué.

Le premier prototype a été construit avec des matériaux qui étaient les moins chers possible. Alors, nous avons fabriqué notre prototype avec de la colle chaude et des bâtons de popsicles, qui représente moins de 5 % de notre budget total.

Pour le deuxième prototype, nous avons acheté la majorité de nos pièces pour nous assurer du bon fonctionnement des différentes parties ensemble et nous avons construit la base de notre robot culinaire. Alors, la partie générale de notre budget est comprise dans le prototype deux.

Finalement, le prototype trois est de simples modifications et réparations.

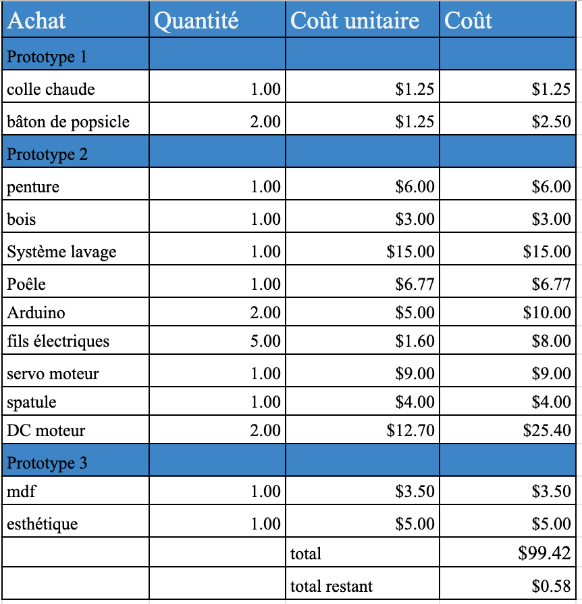


Tableau 6- Budget

# Prototypage, Essai et Validation du Client

## Prototype 1

Pour le premier prototype, nous avons pu découvrir plusieurs aspects et caractéristiques de notre modèle que nous n’avons peut-être pas considéré avant. Grâce à ce prototype, nous avons pu étalonner le matériel et le type de structure requise afin de supporter solidement la poêle dans la position requise. Aussi, nous pouvons déterminer la taille réelle de notre machine et les dimensions exactes de toutes les parties du projet mis ensemble. De plus, une meilleure estimation des quantités de tout le matériel requis a pu être faite. Ainsi, avec une meilleure idée du matériel nécessaire, le coût pour les prototypes à venir peut être calculer avec davantage de précision. Nous avons eu du succès avec ce premier prototype d’un point de vue budgétaire. Par contre, autres que la réalisation de notre vision créée en popsicle, nous n’avons pas trop bénéficié de ce dernier.

Voici une image de notre prototype 1 :

****

Figure 9- Prototype 1

## Prototype 2

Pour le deuxième prototype, nous avons conçu la structure et le mécanisme utiliser afin de modifier la température en fonction des ingrédients. Pour déterminer le succès ou l’échec de notre prototype, nous avons d’abord testé si le prototype est capable d’incorporer toutes les composantes (moteur) dont nous avons besoin. Par la suite, nous avons déterminé si notre programmation fonctionne avec nos moteurs. Nos critères de succès sont que premièrement, notre moteur tournera de la manière que l’on voudra et deuxièmement, qu’il sera programmé avec un bon temps. Ce prototype est de type ciblé, car il s’agit d’un prototype d’un sous-système critique. Le prototype est basé de manière générale des mouvements que le robot culinaire devrait faire. Ce prototype était la base de ce que nous allions faire dans le prototype 3, les codes étaient presque finaux et la structure était faite de manière générale. Notre structure était faite de bois qui était donné au Makerlab et du bois acheté à une quincaillerie.

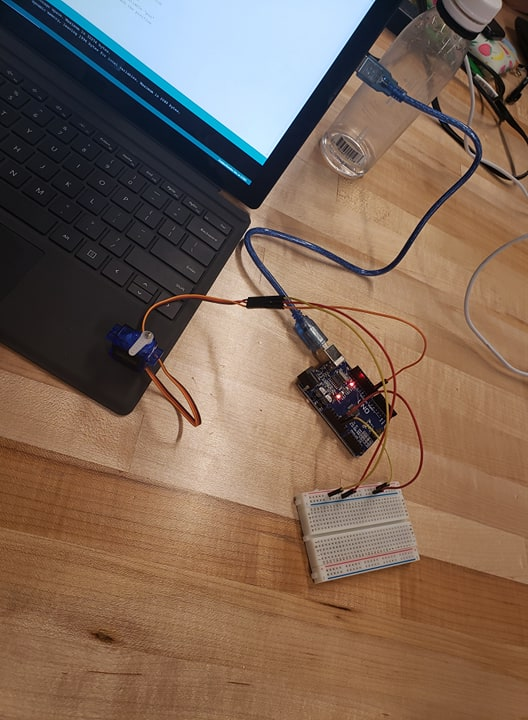
Voici des images de notre prototype 2 :

Figure 10- Système de contrôle



Figure 11- Structure

# Solution Finale

Pour notre troisième et dernier prototype, nous avons réussi à intégrer un bras mélangeur pour pouvoir brasser les ingrédients du repas pour éviter qu’ils ne collent. Ce bras est programmé pour tourner pendant 10 secondes de temps en temps. Nous avons aussi réussi programmer un petit servo moteur qui est capable de changer la température de la plaque chauffante quand il le faut. À l’aide d’engrenage et d’un moteur, nous sommes capables de faire tourner la panne pour permettre le déclenchement d’un processus mécanique qui fait pivoter le bras de la panne sure elle-même pour permettre au repas de tomber dans l’assiette. Nous n’avons pas réussi à mettre la panne sur le bras, car notre moteur n’était pas assez puissant pour tourner la panne due au poids de la panne. Faute de temps et d’argent, nous n’avons pas réussi à répondre au besoin concernant le nettoyage. Nous avons décidé qu’il était mieux d’avoir moins de bons sous-systèmes que de les avoir tous, mais qu’ils ne soient pas finis. En général, le bras qui tiendrait la panne, fait un mouvement de 60 degrés pour se déplacer au-dessus de l’assiette, ensuite il ferait un autre 60 degrés pour se rendre au système de nettoyage et reviendra ensuite sur la plaque chauffante. Pour le régulateur de température est un servo moteur faisant des mouvements de 90 degrés vers la droite et vers la gauche. Pour le système de brassage, ce sous-système est constitué de moteur qui fait un mouvement de 360 degrés qui fait tourner des spatules pour brasser la nourriture. Voici quelques photos de notre prototype final :

Prototype 3



Figure 12- Prototype 3

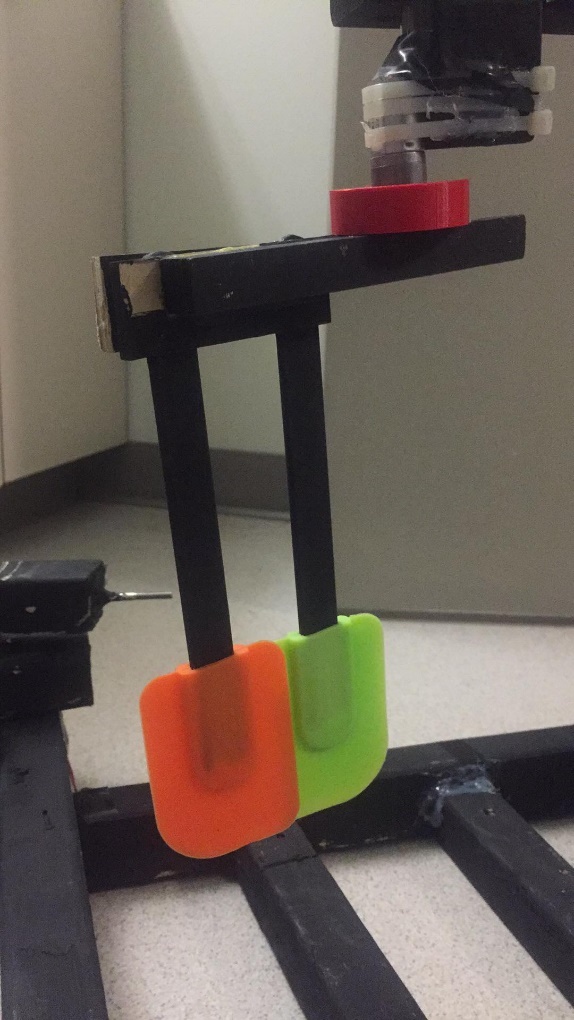
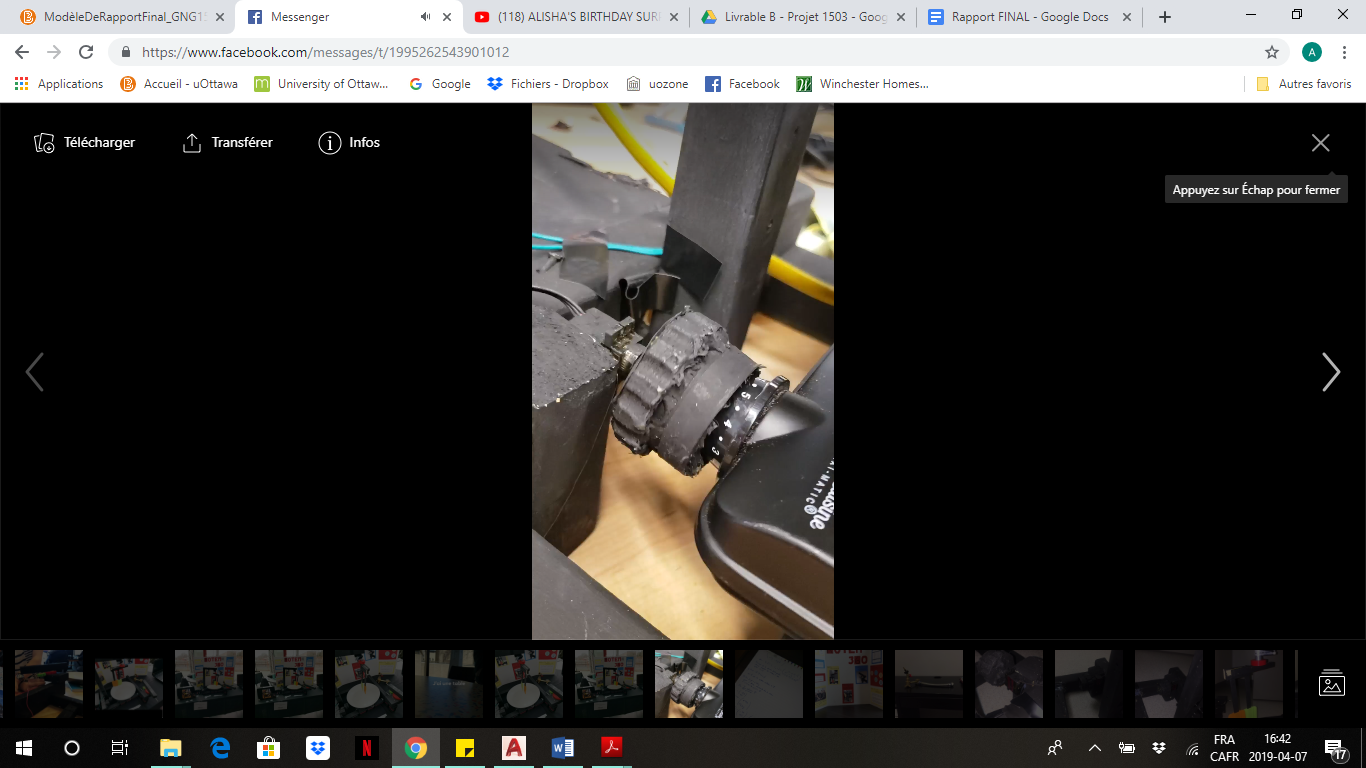


Figure 13- Bras mélangeur

Figure 14- Bras rotatif

Figure 15- Régulateur de température

# Conclusions et Recommandations pour Travaux Futurs

En conclusion, nous pouvons dire que l’ensemble des livrables qui nous ont guidés vers la construction de notre prototype finale a été un énorme succès. Chaque membre de l’équipe a travaillé avec une extrême diligence et a contribué de façon égale et efficace tout le long de ce semestre. Lors des livrables, des devoirs et des laboratoires, nous avons continué à assister à nos rencontres d’équipe hebdomadaires afin de clarifier les tâches individuelles, dont notre chef d’équipe rotatif à assigner. Ceci nous a permis d’avoir d’énorme succès le long de toutes ces tâches et est la raison duquel notre équipe a évité des conflits que les autres équipes ont dû résoudre. La construction du robot a été un grand défi pour nous, et plus spécifiquement la programmation. Puisque nous n’avons jamais travaillé avec Arduino, apprendre le langage et les diverses commandes accompagnées avec l’apprentissage de ce dernier a rendu cette partie un énorme défi pour notre équipe. Grâce à l’information en ligne et diverses vidéos, nous avons été capables de nous renseigner sur la matière et avons été capables de programmer les moteurs afin de les faire fonctionner la façon dont nous les avons voulus. À cause de la planification de notre budget grâce à un document Excel, l’argent n’a pas été un grand problème pour notre équipe. Autre que l’esthétique et l’ajout des sous-systèmes plus puissant, le budget nous a permis de créer un robot qui a atteint toutes les demandes du client.

Plusieurs évènements ont eu lieu lors de cette aventure remplie de déception lors des moments de défaillances et encouragement lors des moments du succès qui a résulté en plusieurs leçons apprises pour chaque individu et comme équipe. Nous avons appris que la préparation de la construction de notre conception est aussi importante sinon plus importante que la partie construction elle-même. Une bonne préparation est incroyablement importante pour diverses raisons, mais principalement, pour diminuer la quantité de défaillance du système. En faisant des calculs, préparant un calendrier avec des dates limites associées à des tâches et en fabriquant plusieurs prototypes, la tâche peut être réussie de façon non seulement plus rapide, mais aussi plus efficace. Comme équipe, nous avons aussi appris comme bien gestionnaire des conflits. Même si nous avons eu très peu de conflits, lorsque nous en avions, nous avons été capables de les régler de façon professionnelle et rapide, grâce à la méthode de résolution de conflits.

Si nous étions à refaire ce projet, il y a sans doute certains aspects dont nous placerons plus d’emphase dessus tout comme la programmation. Comme mentionné auparavant, la programmation d’Arduino a prouvé être un grand défi pour notre équipe. Cela étant dit, si nous étions pour faire un projet semblable à celle-ci dans le futur, nous commencerons sans doute avec l’apprentissage de la programmation. Ceci a pris la grande majorité de notre temps, ce qui nous a évité de travailler sur autres tâches puisque celle-ci était une tâche en série. Aussi, afin d’être plus productifs, nous débuterons la construction des prototypes plus rapidement. Les raisons pour lesquelles nous croyons que ceci est important sont pour les raisons suivantes : il est difficile à prédire la durée de la construction de ces derniers et ils sont d’excellente méthode pour analyser la performance des sous-systèmes.

# Bibliographie

LES MEILLEURES POÊLES. (s.d.). *Living Zapp*.

Sullivan, M. (2018). The Best Spatulas. *wirecutter*.

# Appendice

## Appendice 1 : Manuel de l’utilisateur

Le robot culinaire Rotem 360 est constitué de trois sous-systèmes permettant de faire différentes tâches. Le premier sous-système est le bras mélangeur qui est constitué d’un moteur DC faisant tourner deux spatules afin de mélanger la nourriture à l’intérieur de la panne. Ce moteur est commandé par un arduino qui lui donne des commandes d’arrêter et de démarrer. Le mouvement des spatules est de 360 degrés, c’est-à-dire les spatules tourne en rond. Le deuxième sous-système de ce robot culinaire est le régulateur de température. Ce sous-système est constitué d’une pièce de plastique imprimée en 3D ayant la même forme que le bouton de la plaque chauffante. Il est constitué d’un servo moteur faisant un mouvement de 90 degrés qui change la température de la puissance 0 jusqu’à la puissance maximale de la plaque chauffante et est commandé par un arduino. Le troisième sous-système est le bras rotatif. Celui-ci permet de faire un mouvement de rotation de 360 de la panne pour qu’elle puisse se déplacer au-dessus des différentes stations (station des assiettes et station de lavage). Ce bras rotatif est constitué d’un moteur DC attacher à un engrenage afin de réduire la force pour faire tourner la panne qui est relié au bras. Notre produit peut mélanger la nourriture, peut changer la température de la plaque chauffante et peut théoriquement faire tourner la panne pour la déplacer aux différentes stations (le moteur n’est pas assez puissant pour faire tourner le bras avec la panne).

Notre robot culinaire n’a pas besoin d’installation ou rassemblement, toutes les pièces sont déjà installées dans le modèle. Pour allumer le robot, il faut seulement brancher un ordinateur au arduino, notre prochain objectif était de construire un tableau pour les clients pour qu’il choisisse leurs plats, et ensuite que le robot démarre.

Pour ne pas vous blesser avec le Rotem 360, vous ne devez pas mettre vos mains proches de spatules lorsqu’elles sont en marche et vous ne devez pas toucher la poêle chauffante quand elle est activée. Étant donné que le Rotem 360 est seulement un prototype et n’est pas totalement terminé, il n’est pas recommandé de cuire de la nourriture et de l’activer trop longtemps. Il ne faut pas cuire des plats avec le robot culinaire, car les spatules sont en plastiques et pourraient fondre avec l’exposition de haute chaleur et pouvant causer des problèmes de santé chez le consommateur. Il ne faut pas trop l’utiliser longtemps, car certaines pièces ne sont pas adaptées à la chaleur, comme les pièces en plastiques imprimer en 3D et aussi à cause des moteurs qui ne sont pas assez puissants pour leurs tâches (faute de budget). Si un des sous-systèmes est endommagé, il faut complètement arrêter le robot, car elles sont dépendantes des autres sous-systèmes.

Si vous rencontrez des difficultés, nous vous invitons à nous contacter. Si une des pièces du robot est endommagée ou ne fonctionne plus, veuillez nous contacter et nous vous en renverrons de nouvelles. N’essayez pas de réparer le robot culinaire vous-même, car ceci pourrait créer une erreur informatique dans les arduinos et être dangereux pour l’utilisateur.

## Appendice 2 : Fichiers de conception

Voici le lien du projet sur le site Web Makerepo.

<https://makerepo.com/sraym008/rotem-360->

Afin de continuer le projet, le concepteur doit en général reconstruire les trois sous-systèmes suivants et les assembler ensemble avec une structure.

Premièrement, le schéma suivant nous permet d'observer comment fonctionne le moteur dans le premier sous-système. Le moteur est fixé au premier engrenage A, qui ensuite fait tourner l’engrenage B et afin le bras rotationnel. Sur le bras, il doit avoir une vis afin de pouvoir supporter la poêle.

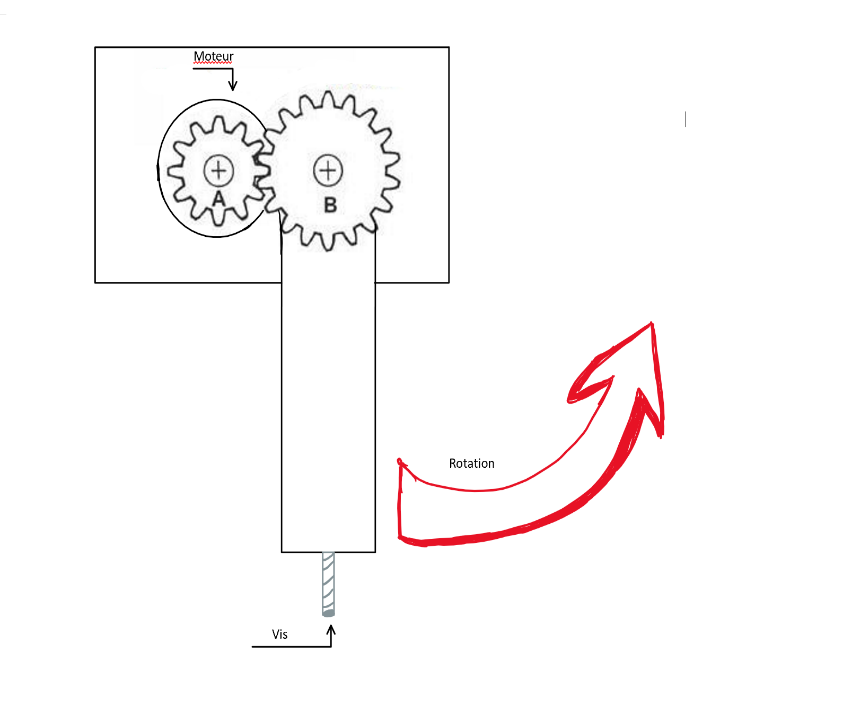


Figure 16- Sous-système 1

Deuxièmement, nous avons le système du bras mélangeur. Assemblé sur une penture, nous avons un moteur DC qui supporte une série de spatules. La distance entre le haut des spatules et le point de contact entre le moteur et les spatules doit être égale au rayon de la poêle utilisée.

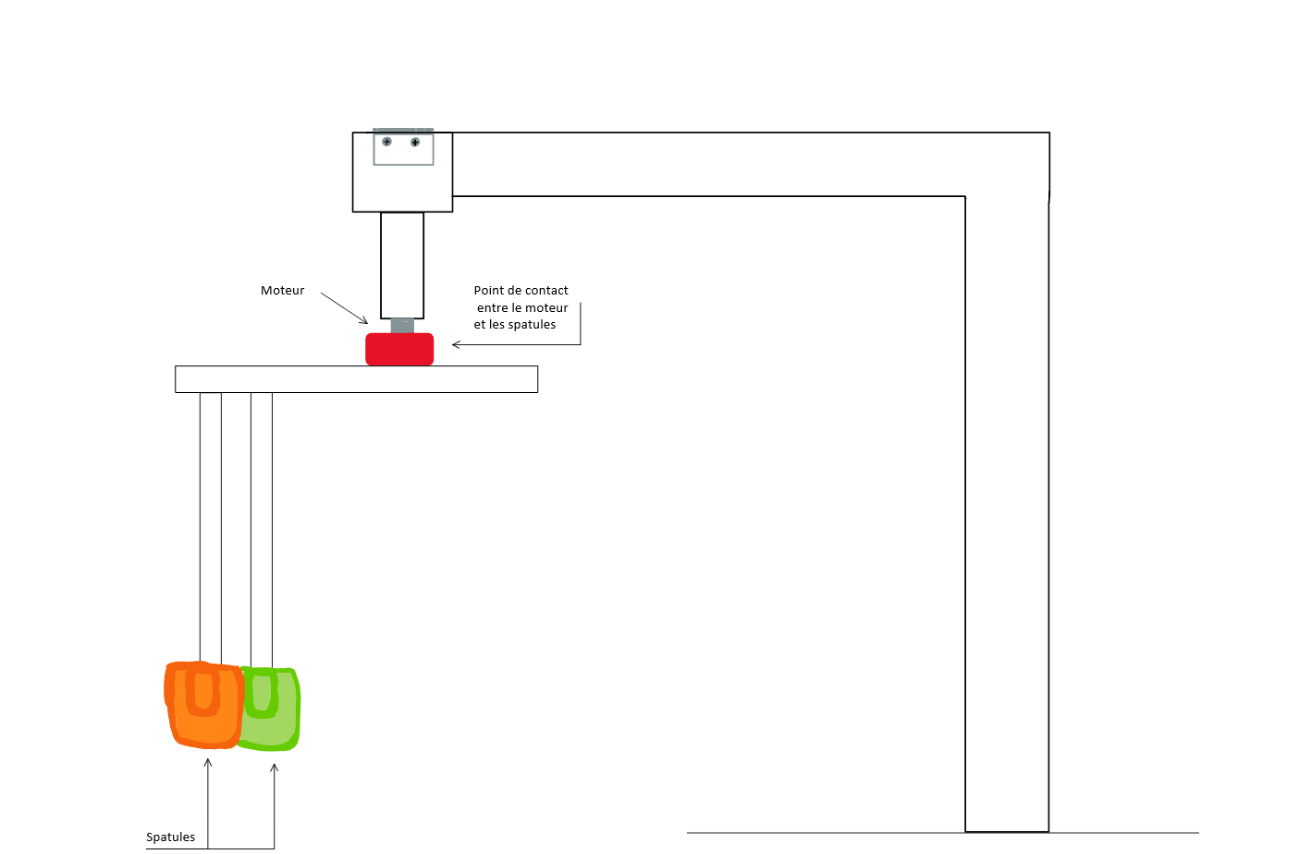


Figure 17- Sous-système 2

Finalement, voici le schéma représentant le troisième sous-système. Ce système représente le contrôle de température. Nous observons un moteur DC fixé à une pièce imprimée en 3D. L’intérieur de la pièce doit être recouvert d’une surface qui éprouve une quantité immense de frottement afin de pouvoir faire bouger le bouton de contrôle de température de la plaque chauffante. Enfin, ce moteur DC est programmé en vue de faire la rotation du bouton de la plaque chauffante.

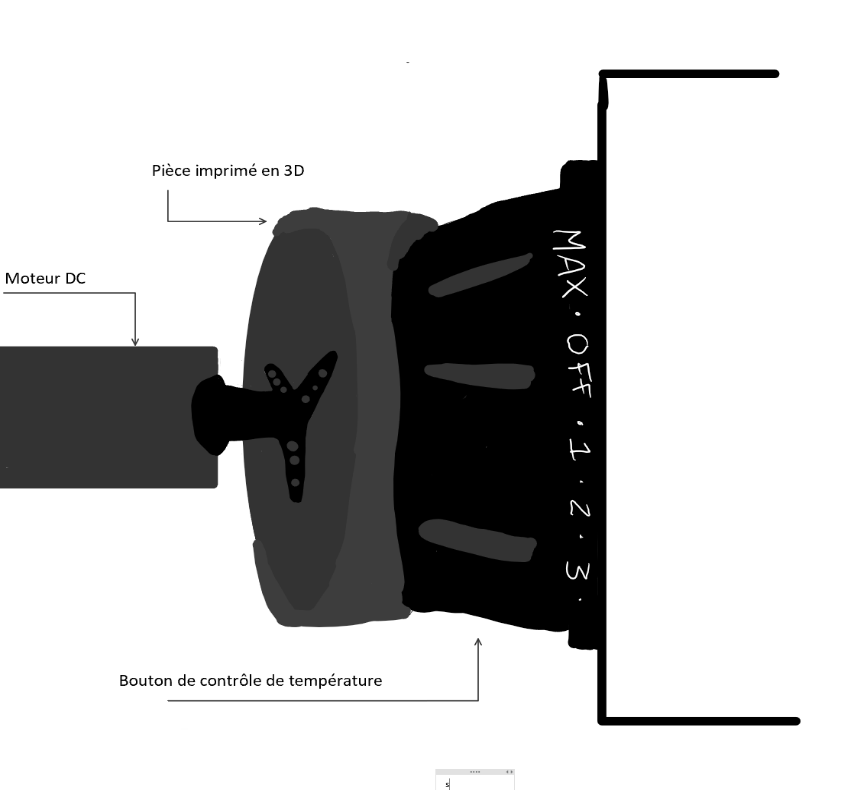


Figure 18- Sous-système 3