



uOttawa

GNG 1503

Génie de la conception

Livrable K
Rapport final

Professeur : Emmanuel Bouendeu

Par : David Casgrain, étudiant
Steven Côté, étudiant
Haider kadhom, étudiant
Eric Armstrong, étudiant

Dimanche 7 avril 2019

Table des matières

Liste des figures.....	1
Liste des tableaux.....	2
INTRODUCTION	3
Importance du problème.....	3
« CLUTCH » C’est faire le bon choix.....	3
PROCESSUS DE CONCEPTION	4
Empathie	4
Besoins fondamentaux de l'utilisateur	4
Définir	6
Énoncé du problème	6
Étalonnage	6
Métriques et spécifications cibles.....	8
Idéation.....	11
Analyse	14
Prototypage et Interaction avec le Client	15
Prototypage et son importance	15
Prototype 1	15
Prototype 2	15
Prototype 3	16
Rétroaction du client.....	16
Validation du client	16
Essais.....	17
PLAN DE PROJET, SUIVI ET NOMENCLATURE DES MATÉRIAUX.....	18
Plan et suivi	18
Nomenclature des matériaux	18
SOLUTION FINALE.....	20
CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS POUR LES TRAVAUX FUTURS.....	23

Liste des figures

Figure 1 - Concept préliminaire A	11
Figure 2 - Concept préliminaire B	11
Figure 3 - Concept préliminaire C	12
Figure 4 - Concept préliminaire D	12
Figure 5 - Concept préliminaire E	13
Figure 6 - Plan du projet.....	18
Figure 7 - Solution finale en construction I.....	21
Figure 8 - Solution finale en construction II.....	22
Figure 9 - Solution finale en construction III.....	22

Liste des tableaux

Tableau 1 - Besoins interprétés	4
Tableau 2 - Regroupement des besoins	5
Tableau 3 - Établissement des importances des besoins	5
Tableau 4 - Étalonnages des critères	7
Tableau 5 - Détermination du modèle le plus représentatif	9
Tableau 6 - Détermination des critères de conception	9
Tableau 7 - Comparaison des concepts	13
Tableau 8 - Nomenclature des matériaux prototype 1	19
Tableau 9 - Nomenclature des matériaux prototype 2	19
Tableau 10 - Coûts des composantes du produit final	20

INTRODUCTION

Importance du problème

Lors de la rencontre avec les responsables des Services Alimentaires de l'Université d'Ottawa, il a été mentionné d'un besoin urgent pour la conception d'un robot dont la tâche est de préparer des repas de type « fast casual », de les cuisiner et de les distribuer dans des assiettes prêtes à servir aux clients. Ceci doit tout être fait en présentant l'option au client de pouvoir adapter chaque plat à ses préférences. Le besoin de concevoir un robot de cuisson provient principalement du manque de temps dans la vie de la plupart des citoyens ainsi que du manque de main-d'œuvre dans les restaurants. La conception d'un robot de cuisson répondant à ces critères représenterait alors un impact phénoménal sur le marché, et ce tout autour du globe. Cependant, le mandat traité dans ce rapport se limite à la section de la cuisson. Le présent document présente en détail le processus de conception auquel notre équipe s'est soumise. Premièrement, il a été question d'établir les besoins et le processus de spécification du produit. Deuxièmement, l'équipe s'est penchée sur l'étape de la conceptualisation. Cette conceptualisation s'est suivie de la mise en œuvre du plan du projet ainsi que de l'estimation des matériaux. Pour faire suite à ces étapes, il a été question de faire une analyse de tout ce processus. Enfin, la dernière étape consistait en la prototypage rapide et la mise en effet de ces prototypes pour arriver à une solution finale.

« CLUTCH » C'est faire le bon choix

Le robot que nous avons conçu et que nous voulons commercialiser sous le nom de « CLUTCH » est le robot de cuisson que tous les restaurants sur la planète voudront se procurer. « CLUTCH » peut s'adapter à tous les types de cuisines qui existe et ce, tout simplement par la personnalisation du logiciel dans lequel on peut entrer les recettes. De plus, notre robot possède un bras robotique pouvant lui aussi s'adapter à tout type de cuisine par le changement de l'instrument de mélange. Pour terminer, ce qui fait de « CLUTCH » le robot que tous les restaurants voudront avoir,, en comparaison avec ce qui se trouve présentement sur le marché c'est qu'il est complètement fonctionnel et à coût très abordable.

PROCESSUS DE CONCEPTION

Empathie

Dans ce projet, l'étape d'empathie se résume avec les points suivants :

- Recueillement des données brutes des clients
- Le client a fait une présentation de ces besoins et a ensuite répondu aux questions posées par les concepteurs
- Interprétation des données en termes de besoins
- Dans ce tableau, il est montré de manière claire comment les besoins du client ont été interprétés

Besoins fondamentaux de l'utilisateur

Les besoins fondamentaux du client peuvent se résumer en quelques mots-clés, soit l'efficacité qui demande que le robot puisse effectuer toutes les tâches dans une fluidité impeccable, et ce sans intervention humaine. La rapidité est le deuxième mot-clé concernant les besoins. Celui-ci implique que le délai de cuisson des éléments doit être le plus rapide possible afin d'augmenter de façon importante la qualité du service. L'adaptation est le troisième mot-clé concernant les besoins du client, car celui-ci désirera adapter les plats selon ses préférences. Ce besoin vise en l'augmentation de la satisfaction du client. Un autre besoin recherché par l'utilisateur passe par les répercussions environnementales que peut avoir l'utilisation du robot. Certains clients peuvent rechercher à avoir des impacts bénéfiques sur l'environnement. Le dernier et non le moindre est l'autonomie. Ceci est un des plus importants besoins du client, car celui ne veut avoir que l'interaction la plus minime possible avec celui-ci.

Tableau 1 - Besoins interprétés

No.	Besoins interprétés
1	Le robot produit des résultats uniformes
2	La cuisson de la nourriture faite par le robot est rapide
3	Le processus de cuisson est efficace
4	La nourriture préparée par le robot respecte les exigences de cuisine
5	La sanitatisation du système respecte les exigences
6	La manipulation humaine du système est facile
7	Le système est capable d'adapter sa température selon les exigences de cuisson
8	Le système est capable de réagir à différentes quantités d'eau lors de la cuisson d'un plat
9	Le système est capable d'ajuster la cuisson selon la qualité des aliments et en fonction des saisons.
10	Le système est capable de transférer la nourriture à une assiette prête pour être servie

11	Le système utilise une source d'énergie électrique
12	La cuisson est effectuée à l'intérieur de bols faits de téflon
13	Le système est capable de se nettoyer lui-même
14	Un logiciel est nécessaire pour annoncer le changement de température
15	Le robot de cuisson est relativement grand
16	Le robot possède des éléments esthétiques
17	Le robot possède un système de gestion des déchets (compost, recyclage)
18	Le système permet la personnalisation des plats par le client
19	Le coût ne peut pas dépasser une limite de 100 \$

Les besoins interprétés du client ont été regroupés dans les groupes suivants :

Tableau 2 - Regroupement des besoins

Groupe	Besoin interprété
Processus de cuisson	1-2-3-4-12
Programmation technique	6-7-8-9-11-14
Sanitarisation	5-13-17
Résultat final	10-18
Conception	15-16

Tableau 3 - Établissement des importances des besoins

Besoin	Haider	Eric	Steven	David	Moyenne approximative
1	5	5	5	5	5
2	4	5	5	4	5
3	5	4	5	5	5
4	5	5	5	5	5
5	5	5	5	5	5
6	4	4	3	4	4

7	5	5	5	5	5
8	5	5	5	5	5
9	5	4	5	5	5
10	5	5	5	5	5
11	5	4	5	4	5
12	5	3	3	2	3
13	4	4	4	4	4
14	3	3	4	5	4
15	3	3	3	2	3
16	2	2	2	2	2
17	4	4	3	5	4
18	4	4	3	4	4

Une fois les besoins identifiés et classés en ordre d'importance, ces besoins seront transformés en critères de conception. Ces besoins vont aussi servir à la définition d'un énoncé de problème.

Définir

Énoncé du problème

La conception d'un robot électrique qui cuisine des plats « fast casual » dans un délai respectable et qui adapte sa cuisson selon la saison et l'humidité des ingrédients. La conception de ce robot permettra de fournir un système de cuisson plus efficace et rapide qui sera possiblement implémenté par le Service d'Alimentation de l'Université d'Ottawa dans divers restaurants au sein du campus.

Étalonnage

Pour ce rapport, afin de commencer avec des bases solides, nous nous sommes informés sur les différents produits ayant des caractéristiques similaires au robot que nous voulons concevoir. Nous avons trouvé trois modèles de robots existants ayant des caractéristiques communes à notre projet, soit "Spyce", "Moley" et "Nagoya". Par la suite, nous avons fait l'étalonnage de ces trois modèles pour déterminer quel est le modèle qui se rapproche le plus de ce que nous voulons nous rapprocher pour le projet final.

Tableau 4 - Étalonnages des critères

Spécification	Produit existant sur le marché		
Compagnie	Spyce	Moley	Nagoya
Coûts	Pas d'information	15 000 \$ pour chaque système	Pas d'information
Matériaux	Acier	Alliages	Pas d'information
Forme	Système de bol cylindrique interconnecté mécaniquement	Paire de bras robotique qui sont capables de répliquer les mouvements de bras humains	Bras robotique avec jointure, ressemble à un bras humain.
Processus de cuisson	Aliments sont cuits dans un bol tournant chauffé par induction	Ingrédients déjà préparés, bras robotique qui cuit la nourriture	Aliments déjà précuits par le robot, et mijotent dans des grandes chaudières
Mouvement	Rotatif	Imitation d'un bras humain, suspendu à une jointure supérieure	Linéaire, assiette sur tapis roulant
Temps	> 3 minutes	Dépend du plat : capable de préparer 400 hamburgers en une heure (10 secondes par hamburger)	Environ 90 secondes
Élimination de déchets	Lavage manuel	Bras essuie et transmet les assiettes au lave-vaisselle	Pas d'information
Distribution	Bascule vers l'assiette	Indépendant du fonctionnement du bras : servi par humain	Aliment individuel placé dans le bol
Esthétique (apparence générale)	Cylindre noir creux rotatif	Deux bras, articulation avec un joint supérieur, esthétique imitant l'anatomie d'un bras humain	Bras de couleur jaune, assez épais, composé de diverses jointures, a des pinces à l'extrémité du bras.

Personnalisation finale (touche extra)	Manuellement après la cuisson par le robot	Peut être ajouté par le robot grâce aux pinces	Peut être ajouté par le robot grâce à ses pinces
Programmation	Programmation par téléphone intelligent ou écran tactile	Programmation par téléphone intelligent ou écran tactile 20 moteurs, 129 capteurs et 24 jointures (articulation)	Les robots sont produits par AISEI, une société de robotique industrielle qui a apparemment réorienté ses bras robotiques industrielles pour la cuisine plutôt que pour un processus industriel plus standard.

Rouge = 1pts, jaune=2pts, vert=3pts

Métriques et spécifications cibles

Le projet de conception du robot de cuisson passe par la mise en place des métriques et des spécifications cibles. Dans le cadre de ce projet, nous avons pu déterminer que les points suivants composaient les spécifications cibles du projet.

- Coût
- Matériaux
- Forme
- Processus de cuisson
- Mouvement
- Temps
- Élimination des déchets
- Distribution
- Esthétique
- Personnalisation des plats
- Programmation

Ces spécifications ont alors été classées dans un tableau. Chaque spécification cible a été associée à une valeur en fonction de l'importance de ce critère. En faisant le produit de la valeur associée au produit avec celui de l'importance, et en faisant la somme de tous les critères, il nous a été possible de déterminer que le modèle qui correspondait le plus près à ce que nous voulions concevoir était le modèle "Moley".

Tableau 5 - Détermination du modèle le plus représentatif

Spécifications		Produits existants sur le marché		
Importance selon besoins		Compagnie		
		Spyce	Moley	Nagoya
Coûts	5	1	2	1
Matériaux	3	2	3	1
Forme	3	2	2	2
Processus de cuisson	5	3	2	3
Mouvement	3	2	3	2
Temps	5	1	3	2
Élimination de déchets	4	1	3	1
Distribution	5	3	1	1
Esthétique (apparence générale)	2	2	2	2
Personnalisation finale (touche extra)	4	2	3	3
Programmation	5	3	3	1
TOTAL		89	107	75

Tableau 6 - Détermination des critères de conception

No.	Besoins interprétés	Critères de Conception
1	Le robot produit des résultats uniformes	<ul style="list-style-type: none"> • Programmation technique • Contrôle de chaleur • Capacité d'analyse de nourriture à cuire • Adaptation aux saisons
2	La cuisson de la nourriture faite par le robot est rapide	<ul style="list-style-type: none"> • Efficacité • Rapidité
3	Le processus de cuisson est efficace	<ul style="list-style-type: none"> • Efficacité
4	La nourriture préparée par le robot respecte les exigences de cuisine	<ul style="list-style-type: none"> • Normes culinaires

5	La sanitisation du système respecte les exigences	<ul style="list-style-type: none"> • Hygiène de propreté • Gestion des déchets
6	La manipulation humaine du système est facile	<ul style="list-style-type: none"> • Programmation technique
7	Le système est capable d'adapter sa température selon les exigences de cuisson	<ul style="list-style-type: none"> • Contrôle de la température (°C) • Capacité d'analyse de nourriture à cuire
8	Le système est capable de réagir à différentes quantités d'eau lors de la cuisson d'un plat	<ul style="list-style-type: none"> • Adaptation saison
9	Le système est capable d'ajuster la cuisson selon la qualité des aliments et en fonction des saisons.	<ul style="list-style-type: none"> • Capacité d'analyse de nourriture à cuire
10	Le système est capable de transférer la nourriture à une assiette prête pour être servie	<ul style="list-style-type: none"> • Manutention efficace
11	Le système utilise une source d'énergie électrique	<ul style="list-style-type: none"> • Énergie renouvelable
12	La cuisson est effectuée à l'intérieur de bols faits de téflon	<ul style="list-style-type: none"> • Matériaux de construction
13	Le système est capable de se nettoyer lui-même	<ul style="list-style-type: none"> • Normes culinaires • Hygiène de propreté
14	Un logiciel est nécessaire pour annoncer le changement de température	<ul style="list-style-type: none"> • Programmation technique • Contrôle de la température (°C) • Captation de la température
15	Le robot de cuisson est relativement grand	<ul style="list-style-type: none"> • Forme du robot: • Hauteur maximale (cm) • Largeur maximale (cm) • Longueur maximale (cm) • Poids (kg)
16	Le robot possède des éléments esthétiques	<ul style="list-style-type: none"> • Esthétique
17	Le robot possède un système de gestion des déchets (compost, recyclage)	<ul style="list-style-type: none"> • Hygiène • Environnement
18	Le système permet la personnalisation des plats par le client	<ul style="list-style-type: none"> • Personnalisation
19	Le coût ne peut pas dépasser une limite de 100 \$	<ul style="list-style-type: none"> • Coût (\$)

Idéation

Cette étape est la phase créative du processus où l'on crée plusieurs idées et concepts sans jugement. Il n'y a aucune règle à suivre. Les concepts générés sont documentés à l'aide d'esquisses et de descriptions. Dans ce projet, les idées générées sont les suivantes:

Figure 1 - Concept préliminaire A

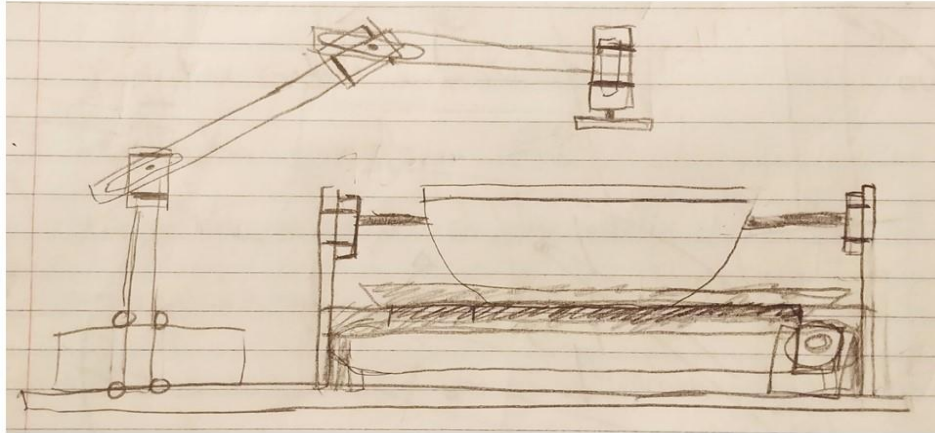
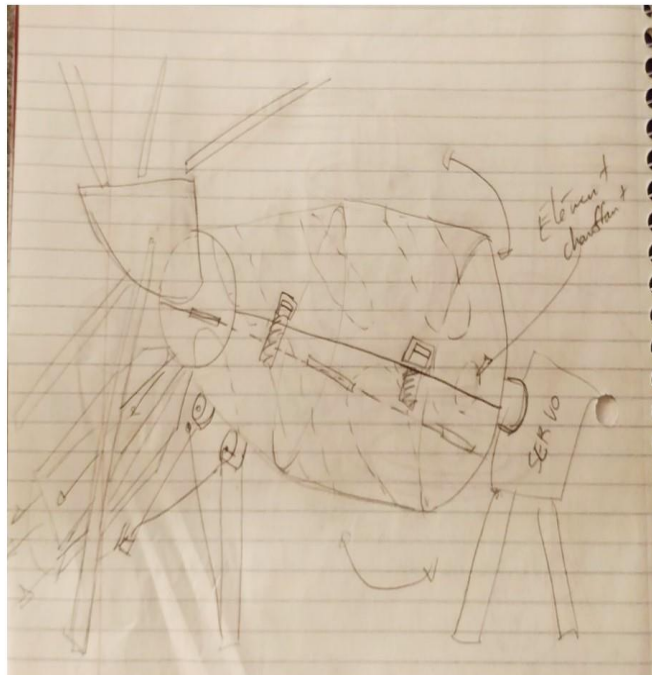


Figure 2 - Concept préliminaire B



Par la suite, ces esquisses se sont transformées en esquisses par ordinateur, qui représente mieux l'échelle des concepts inventés.

Figure 3 - Concept préliminaire C

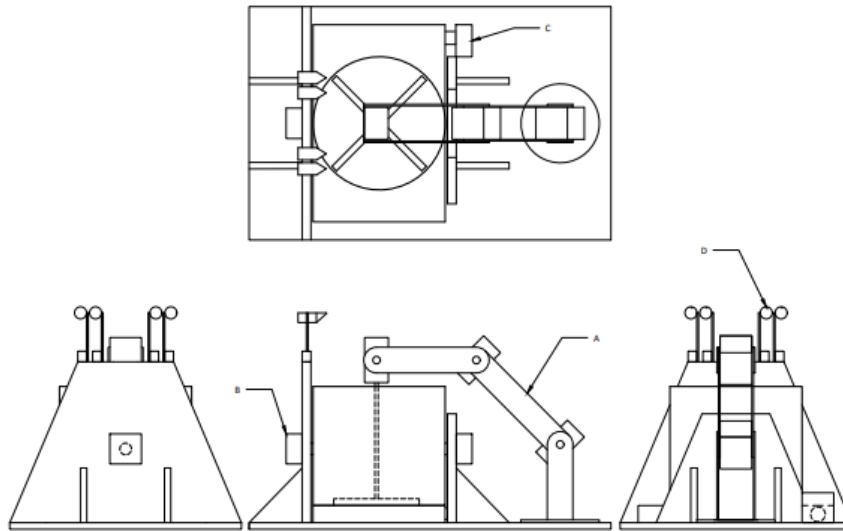


Figure 4 - Concept préliminaire D

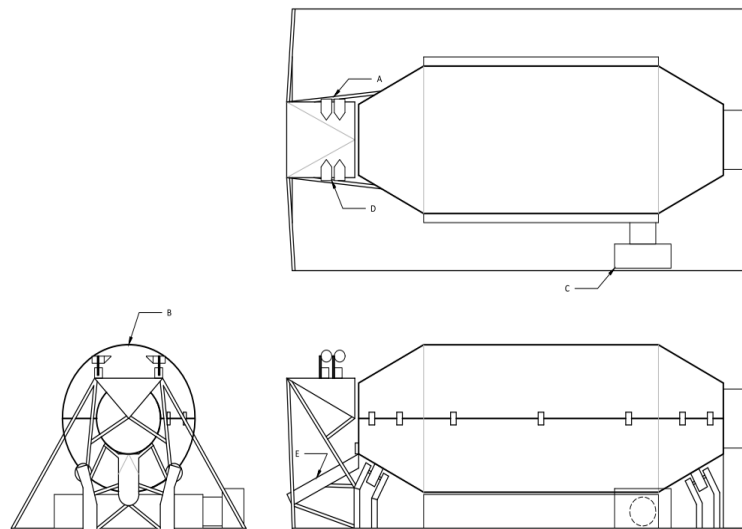
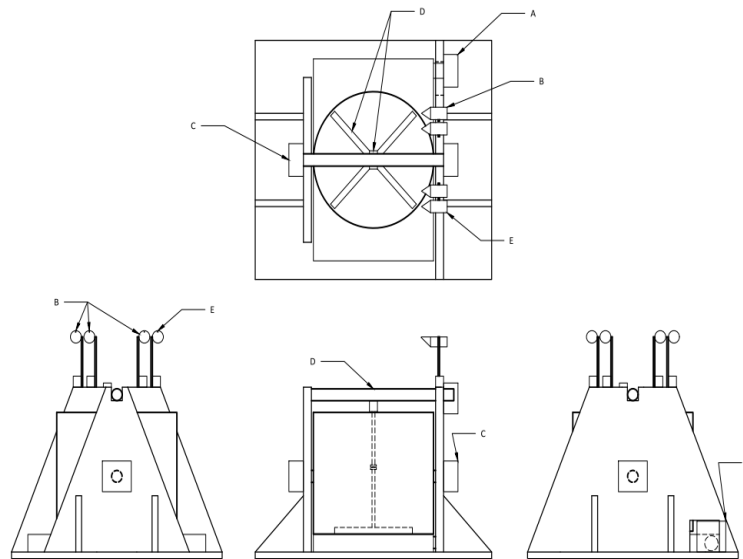


Figure 5 - Concept préliminaire E



Par la suite, ces concepts ont été soumis à l'analyse afin de savoir vers quel concept l'équipe de conception va se diriger afin de continuer le processus de conception. Cette analyse de comparaison compare les concepts produits par la manière dont ils répondent aux critères de conception.

Tableau 7 - Comparaison des concepts

Critères de conception	Importance	Concept 1	Concept 2	Concept 3
Programmation technique	4	2	3	3
Contrôle de chaleur	5	3	1	3
Capacité d'analyse de nourriture à cuire	5	3	3	3
Rapidité	5	3	3	3
Efficacité	4	4	3	4
Hygiène de propreté	5	4	1	3
Normes culinaires	5	3	3	3
Gestion des déchets	4	3	3	3
Énergie renouvelable	4	5	5	5
Manutention efficace	4	4	4	4

Matériaux de construction	3	4	4	4
Captation de la température	5	4	4	4
Dimensions	3	4	4	4
Poids	3	4	4	4
Personnalisation	2	4	4	4
Esthétique	2	4	3	3
Coûts	5	3	2	3
Total		239	207	236

D'après cette analyse de comparaison, le concept 1 répond le plus aux critères de conception. L'équipe de conception s'est donc penchée en particulier sur ce prototype afin de faire le concept qui répondra le plus aux besoins du client.

Analyse

Comme ce groupe était compris d'élèves en génie de première année, le problème de conception a été moins abordé de manière analytique. Comme il manquait les connaissances nécessaires afin d'appliquer les principes mathématiques et physiques dans la conception, il a vraiment été plus nécessaire de valider le travail effectué en faisant plusieurs essais après avoir créé des prototypes. Cela étant dit, il y avait certaines analyses qui ont été effectuées avant même que certains aspects de la conception aient commencé. Il a été vraiment nécessaire de déterminer la puissance requise dans les moteurs à utiliser. Ceci a été surtout important pour le mouvement rotatif du bol comme dans ce cas il y a une masse considérable à déplacer comparée aux autres mouvements effectués dans le système. Ce principe est démontré dans la figure ci-dessous.

Comme il n'y avait vraiment aucun moteur, qui restait dans les limites du budget, assez puissant pour effectuer ce mouvement de manière indépendante, il a aussi été question de faire une analyse de sources externes de puissance pouvant être incorporées dans le système. Ceci représentait vraiment une corrélation qui devait être faite entre le voltage qui pourrait être soutenu par les cartes Arduino et la puissance qui a été requise. Cela étant dit, une source externe comme une batterie par exemple n'a pas vraiment été le meilleur choix. Ceci a été vraiment déterminé plus tard lorsqu'une batterie externe a essentiellement brûlé quelques moteurs, car la puissance était trop forte pour ces derniers. À un certain point, il a été mentionné de programmer l'application d'une force externe sur le bol afin de créer un moment de force capable de faire tourner le bol. Ceci était logique d'une perspective physique et mécanique et pourrait être réalisé si le groupe possédait plus de connaissances en programmation pour attacher la structure au restant du système de manière effective. Finalement, il a été déterminé qu'il suffit d'attacher le système à une prise. Ceci a été déterminé une fois que le groupe a obtenu l'information que la plaque Arduino et les moteurs utilisent des mécanismes sélectifs. Cela représente que le moteur

s'alimente, dans le contexte d'utilisation d'une source attaché à une prise électrique et la carte Arduino, de la puissance qu'elle a besoin afin d'effectuer le mouvement avec très peu de retard dans le mouvement.

Prototypage et Interaction avec le Client

Prototypage et son importance

Le processus de prototypage représente un des éléments les plus importants lors de la conception d'un produit. En effet dans le cadre de ce projet, le prototypage itératif et rapide a vraiment déclenché et avancé le processus de conception. Ceci est grâce au fait que le prototypage nous a permis d'en apprendre davantage sur les spécifications et le fonctionnement du robot de cuisson, d'obtenir une rétroaction du client pour améliorer notre prototype et de permettre à une communication membre d'équipe pour chercher à faire du progrès dans le projet.

Prototype 1

Le processus de prototypage a été déclenché avec la conception du premier prototype pour limiter les contributions du premier prototype envers le budget final, le carton recyclé a été utilisé comme matériau de construction pour ce prototype. En effet, ce premier prototype est un prototype élémentaire qui sert tout simplement à donner un aperçu visuel et tangible des sous-systèmes et idées qui ont été élaborés lors de la phase d'idéation. C'était vraiment une occasion de faire un concept très simple qui démontre essentiellement les principes de bases désirées pour le prototype final. Ce prototype est tout à fait compréhensif comme les sous-systèmes primordiaux au fonctionnement du robot de cuisson étant le bras mécanique, le système de mélange et la localisation du bol ont été tous incorporés. Justement, l'incorporation de tous ces sous-systèmes servait à établir des spécifications cibles et de mesurer l'interaction entre les différents sous-systèmes. C'était très important par exemple de concevoir un système qui a permis d'optimiser l'articulation entre le bras mécanique et le bol pour éviter des problèmes mécaniques pendant la conception du dernier prototype. Bref, le premier prototype a vraiment servi comme la base fondamentale et le point de référence pour le processus de prototypage.

Prototype 2

Par la suite, il a été question de concevoir un deuxième prototype pour développer avec plus de détail la conception du produit final. En fait, le deuxième prototype a été un prototype beaucoup plus ciblé. Comme le premier prototype a démontré efficacement la structure de tout le système, il a été plutôt nécessaire de développer des aspects du projet qui seront des contributeurs majeurs pour ce qui concerne la fonctionnalité et le mouvement. Des moteurs de faible puissance étaient quand même fixés sur les côtés latéraux de bois afin d'imiter les plans élaborés pour le prototype final. Cela étant dit, les points principaux de ce prototype étaient le mouvement rotatif du bol pour verser la nourriture et la programmation générale pour trouver un code capable de faire des mouvements rotatifs. La programmation des moteurs fixés sur les plaques latérales répondait à ces deux critères. Avant de même commencer la programmation, nous étions conscients que le défi principal était de trouver un code général capable de provoquer une rotation selon un angle donné. Une fois qu'un code a été créé, nous étions sûrs qu'en manipulant la gamme de mouvement, on aurait été capable d'utiliser le code rotatif comme code de base pour tous les mouvements dans notre robot de cuisson. En effectuant plusieurs essais, qui vont être élaborés avec plus de détails par la suite, nous étions capables de concevoir un code qui est capable de provoquer un mouvement rotatif de 180° d'une tige qui est relativement plus petite. En créant une relation entre la structure mécanique déjà en place avec le code conçu,

c'est pendant cette étape de prototypage que nous avons vraiment compris comment le robot de cuisson serait capable d'effectuer tous ces mouvements et donc remplir les besoins du client.

Prototype 3

Finalement, le dernier prototype a été conçu. Évidemment, le dernier prototype est un prototype compréhensif de très haute fidélité, car ce dernier contient la majorité des composantes et sous-systèmes qui répond aux besoins du client. En fait, le but de la conception de ce troisième prototype était d'ajouter au concept existant les sous-systèmes suivants afin de rehausser la qualité de notre produit final : un bras mécanique ayant une capacité d'effectuer un mouvement autonome pour entrer et sortir du bol, un mécanisme articulante avec le bras mécanique capable de provoquer un mouvement de mélange de la nourriture, un mécanisme produisant le changement de température autonome en s'attachant sur le bouton de la plaque chauffante et un système de sanitisation pour nettoyer le contenu dans le bol après le versement de la nourriture. En effet, il a été possible d'incorporer tous ces sous-systèmes à un certain degré de succès. L'accent a vraiment été placé sur la conception et la programmation du bras mécanique et le mécanisme de mélange comme le mouvement rotatif du bol représente vraiment l'essentiel pour ce qui concerne la fonctionnalité du produit. Pour permettre au mouvement désiré du bras mécanique, il a été nécessaire de séparer le bras en deux parties et d'attacher ces deux parties avec un joint. Effectivement, en attachant la partie supérieure du bras à un moteur qui est placé dans ce joint, il a été possible de provoquer un mouvement de 90° de ce dernier. Cela étant dit, ce mouvement a comme but entier de faire monter et descendre le système de mélange qui a été attaché au bras mécanique. Le système de mélange étant visé dans le bras mécanique est aussi fixé à un moteur. Ceci permet d'alimenter le mouvement de gauche à droite continu de 180° nécessaire pour mélanger la nourriture. D'autre part, le sous-système de sanitisation et le sous-système de changement de température autonome ont vraiment seulement été incorporés afin de plutôt donner une illustration de leur fonctionnalité de manière plus élémentaire. Comme il y avait des restrictions assez strictes à l'égard du budget et le temps, il n'a pas été possible de développer des sous-systèmes plus complexes et fonctionnels pour ces deux aspects du système.

Rétroaction du client

Suite à la conception du premier prototype, le client, Monsieur Patrick Genest, a fourni une rétroaction dans le but de faire des améliorations pour les prochains prototypes. Selon lui, le système de mélange qui a été élaboré n'était pas vraiment efficace parce que toute la nourriture ne serait pas ciblée par le mélangeur. Cela voulait dire que la nourriture resterait collée sur les côtés, ce qui contredit complètement le but de ce robot de cuisson. De plus, Monsieur Genest voulait que les prochains prototypes démontrent plus la fonctionnalité et le mouvement qui a été mentionné dans le processus d'idéation. Comme le premier prototype a été conçu en carton, le client était très raisonnable de demander pour un prototype qui pourrait vraiment illustrer plus les plans montrés avec les esquisses et les dessins AutoCAD.

Validation du client

Lors de la journée de la conception, le client a été vraiment impressionné avec le produit final. Le client a été surtout impressionné avec le fait que le troisième prototype est complètement fonctionnel et le fait que le mouvement des différents sous-systèmes a tout été coordonné les uns avec les autres. Comme le respect du budget a été un des plus grands besoins de ce projet, le client était ainsi très impressionné avec la capacité de l'équipe de concevoir un produit assez

complexe en restant à l'intérieur du budget donné de 100 \$. Le client n'a pas fait mention des premiers points de rétroactions qu'il a fourni ce qui représente que son inquiétude a été répondue à sa satisfaction.

Essais

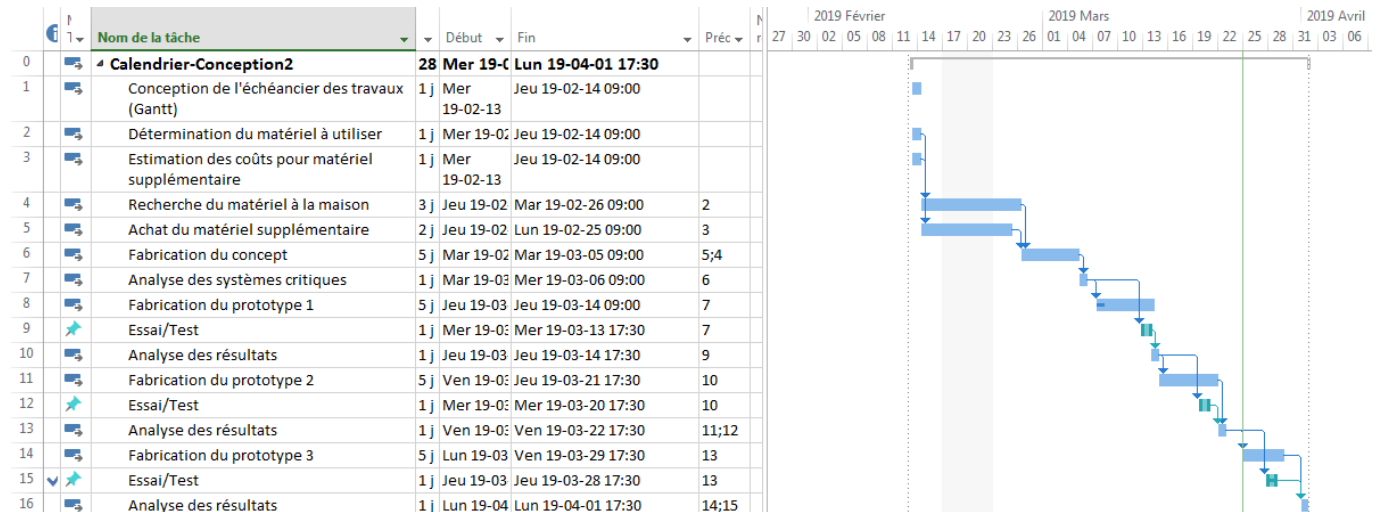
Comme le prototypage représente un processus rapide et itératif, le processus de conception doit comprendre une période rigoureuse des essais afin de valider et tester ces prototypes. Également, les essais donnent une occasion d'apprendre davantage sur le fonctionnement du produit qui peut aussi servir à apporter des améliorations à la conception du prototype final. En fait, dans ce projet, les essais ont surtout été effectués sur le troisième prototype, mais aussi pour le deuxième prototype. Comme déjà mentionné la programmation était un des plus grands défis de ce projet. Par conséquent, plusieurs essais ont été effectués afin de pouvoir trouver un code qui est capable de provoquer le mouvement rotatif des servomoteurs à notre disponibilité. En réalité, comme la programmation n'était pas une force du groupe, il a fallu faire de la recherche sur internet et chercher de l'aide des gens à l'intérieur de l'université ayant plus de compétence dans la programmation. Les essais étaient quand même nécessaires afin de voir de manière visible comment le travail fait dans le logiciel Arduino pourrait se traduire à du mouvement pour ce qui concerne le robot de cuisson. Ce dernier a permis à faire des ajustements à l'intérieur du code qui pourront améliorer plus la cohérence à l'égard de la fonctionnalité du système. Par exemple, c'est en faisant plusieurs essais qu'il a été possible de déterminer la gamme de rotation adéquate pour ce qui concerne le mouvement de bras rotatif par rapport à son articulation avec le bol. De plus, les essais ont aussi permis de déterminer la forme et dimension de l'appareil conçu pour mélanger la nourriture. Ce dernier comprenait vraiment un processus ou comme équipe, il a été nécessaire de continuer à couper les extrémités du mélangeur afin de pouvoir optimiser le montant de nourriture qui est mélangé. De plus, il était impératif d'éviter que le mélangeur reste bloqué dans le bol lors du mouvement du bras qui est pourquoi les retailles de ce dernier ont été nécessaires. Celle-ci représente seulement quelques exemples de comment les essais ont rehaussé la qualité du produit final.

PLAN DE PROJET, SUIVI ET NOMENCLATURE DES MATÉRIAUX

Plan et suivi

Afin que le projet puisse continuer sans anicroche, un plan de projet a été construit. Ce plan a été construit avec le programme Microsoft Project tel que démontré ci-dessous :

Figure 6 - Plan du projet



Ce format de plan de projet est un format qui ne se soucie pas des dates de remises des livrables, donc ce plan représente un projet qui se termine d'avance par rapport aux dates de présentation finale. Bref, si le projet s'était déroulé selon ce plan, le projet aurait été terminé d'avance. La manière dont le suivi a été assuré est qu'à chaque livrable, le plan était vérifié si la date de remise du livrable concorde avec la date actuelle du plan, en vérifiant si le projet est en avance ou en retard.

Nomenclature des matériaux

La nomenclature des matériaux sert à pouvoir reconstruire les prototypes avec les matériaux exacts de l'original. Tout ce qui est requis pour la réalisation du produit est listé dans ces tableaux. Pour chacun des prototypes, une nomenclature des matériaux a été construite.

Tableau 8 - Nomenclature des matériaux du prototype 1

Matériaux No	Description	Quantité	Coût
1	Carton: provenant de vieille boîte de pizza	1 m ²	0 \$
2	Brochette faite en bois	10	1,50 \$
3	Ruban (Duct tape)	1	0 \$
4	Colle chaude	1 fusil et 3 bâtons de colle	0 \$
Total			1,50 \$

Tableau 9 - Nomenclature des matériaux du prototype 2

No	Description	Quantité	Coûts
1	Boulons de bois	12	2 \$
2	Bol d'aluminium	1	1,50 \$
3	Plaquette de bois	1	4 \$
4	Fil de métal	1 m	1,50 \$
5	Servomoteur "Tower Pro"	2	5,29 \$
6	Carte Arduino	1	18,33 \$
7	Fils électrique	10	1 \$
8	Bread board	1	3,49\$
Total			37,11 \$

SOLUTION FINALE

La solution finale est le prototype qui répond le plus aux besoins du client. Celui-ci est composé des pièces les plus dispendieuses et représente plusieurs heures de travail des membres de l'équipe afin que le prototype soit d'une bonne qualité.

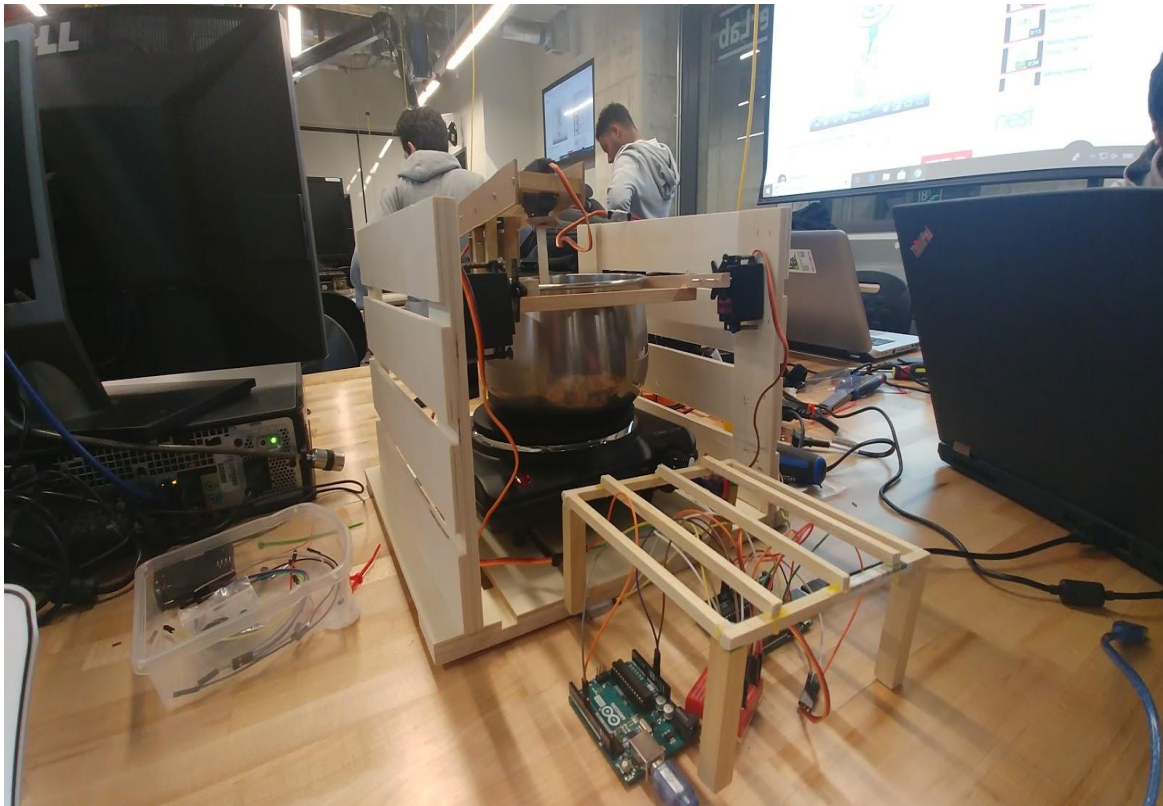
Composante du produit finale :

- Deux cartes Arduino : l'une contrôle le mouvement de distribution du bol contenant les aliments, l'autre contrôle le bras robotique qui assure le mélange de la nourriture.
- Bol en acier inoxydable : contient la nourriture lors du processus de cuisson.
- Deux servomoteurs LKY 62 : permet la rotation du bol, afin de distribuer les aliments dans l'assiette.
- Trois plaques de bois : Une plaque forme la base et les deux autres forment des murs à la verticale sur lesquels sont fixés les moteurs LKY 62 pour tourner le bol
- Trois baguettes de bois $\frac{1}{4}$ " x $\frac{1}{4}$ " : coupés en morceaux afin de construire le support à assiette qui agit aussi comme un filtre pour l'eau sale, lorsque le système se nettoie.
- Moteur FI-tech : fixé sur le support et sur la plaque chauffante afin d'ajuster la température selon les exigences du programme.
- Paille plastique : Fixer sur le bras robotique, simulant un tuyau qui distribue l'eau afin que le système puisse s'auto nettoyer.

Tableau 10 - Coûts des composantes du produit final

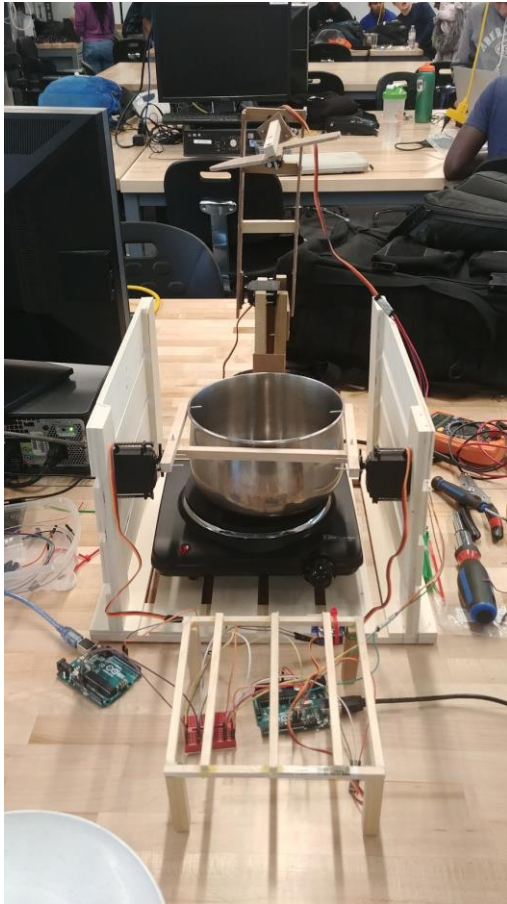
No.	Description	Quantité	Prix (\$)
1	Bol	1	1,00
2	Moteur LKY 62	4	28,00
3	Moteur FI-tech	1	5,50
4	Carte Arduino	2	26,00
5	Planches de bois (appuis)	3	12,00
6	Fils	30	3,00
7	Baguettes de bois	3X 3 baguettes	3X5, 50 = 16,50
8	Vis 1"	2 boîtes de 10	2 x 3,00 = 6,00
9	Paille plastique	2	0,25
Coût total			98,25 \$

Figure 7 - Solution finale en construction I



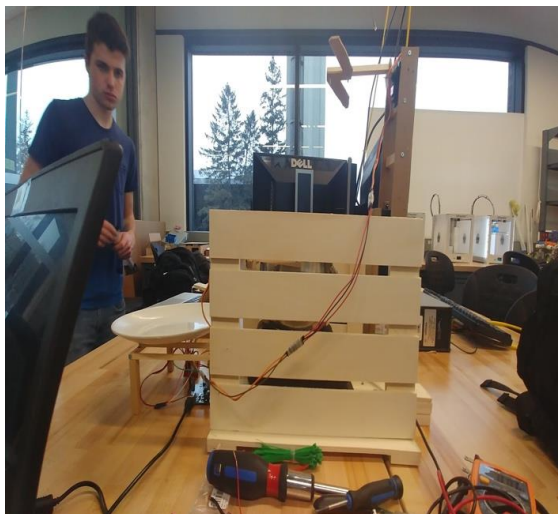
Cette figure illustre le système de distribution et le support à assiette et filtre. Les deux servomoteurs fixés sur les plaques font tourner le bol pour la distribution.

Figure 8 - Solution finale en construction II



Cette figure illustre le bras mélangeur qui a été programmé en concordance avec le déversement du bol. Le système est alors le plus autonome possible, et se gère lui-même.

Figure 9 - Solution finale en construction III



Cette figure démontre la plaque latérale de côté.

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS POUR LES TRAVAUX FUTURS

Le robot de cuisson créé par cette équipe, est une représentation de plusieurs heures de travail ardues ainsi que le produit d'un processus de conception, la pensée conceptuelle, qui a été suivi de semaine en semaine. Divers prototypes et essais ont été créés et effectués afin d'arriver à la solution finale représentée par le prototype 3. Au long de ce parcours, notre équipe a appris diverses choses et renforcé des connaissances déjà acquises. La notion de l'importance de la gestion de temps présenté pendant le cours a réellement été démontrée puisque les livrables étaient à remettre chaque semaine. Les membres de l'équipe ont pu améliorer leurs habiletés en communication, ce qui a facilité le travail de groupe et la distribution des tâches. Cependant, les leçons apprises pour la programmation Arduino sont celles qui ont marqué cette équipe le plus. Les difficultés rencontrées lors de cette partie de la construction étaient énormes, mais en travaillant ensemble, le défi de la programmation a été surmonté et nous avons pu apprendre beaucoup de choses.

Dans un monde qui est de plus en plus informatique, la programmation et l'utilité de l'Arduino peuvent être sans fin. Prochainement, les leçons apprises en informatique nous permettent d'aller de l'avant lorsqu'on aborde de nouveaux projets, et aussi dans le monde du travail. À la chance d'aborder un autre projet de ce type, l'importance d'élaborer un bon plan préliminaire et d'établir des moyens de communication entre les membres de l'équipe est essentielle pour garantir le succès. Comme futurs ingénieurs, les leçons apprises au long de ce projet ont pour effet d'améliorer nos capacités de travail en groupe et de conception.