

## **Proposition de services**

---

**# Projet :** 2020-646

**Conception d'un robot de démonstration devant public**

---

Préparé par

Quessy, Benjamin  
Tremblay, Alexandre  
Antoine, Boucher

**Pour**

Serge Desbiens  
Département des sciences appliquées UQAC  
Club de Robotique UQAC

DATE

9/18/2020

CONSEILLER :

Alexandre Robichaud

COORDONNATEUR :

Serge Desbiens, ing

Approbation de la proposition de services pour diffusion
Nom du conseiller Date Signature

# Table des matières

1.	Introduction et mise en contexte du projet.....	5
2.	Analyse des besoins du client et des exigences des différents intervenants .....	5
2.1	Besoin et exigence des clients .....	5
2.1.1	Département des sciences appliquées .....	5
2.1.2	Besoins du club de robotique .....	6
2.2	Projet désiré .....	6
2.2.1	Projets considérés .....	7
2.2.2	Solution 1 : Robot joueur de soccer .....	7
2.2.3	Solution 2 : robot rapporteur .....	8
2.2.4	Solution 3 : robot kart .....	8
2.2.5	Solution 4 : robot joueur d'échecs .....	9
2.3	Choix du projet à faire.....	10
3.	Revue de l'état de l'art sur le sujet .....	11
4.	Codes et standards.....	11
4.1	Standard en informatique .....	11
4.2	Standards en informatiques .....	11
4.3	Standards en langage de programmation utilisée .....	11
4.4	Standards en Intelligence artificiels .....	12
4.5	Standards en conception de machines .....	13
5.	Préoccupations sociales et professionnelles.....	13
5.1	Professionnalisme de l'UQAC .....	13
5.2	Moralité sur l'IA utilisé .....	14
5.3	Esthétisme et présentation.....	14
5.4	Impacte sur la santé-sécurité .....	15
5.4.1	La facilité de transport .....	15
5.4.2	Sécurité de manipulation.....	15
5.4.3	Feu et explosion.....	15
5.4.4	Sécurité des données.....	15
5.5	Impact sur l'environnement .....	16
6.	Méthode de résolution envisagée (ingénierie de concept) .....	16

6.1	Évaluation de solutions système potentielles .....	16
6.1.1	Cloud.....	16
6.1.2	Serveur.....	17
6.2	Décomposition du problème en tâches à réaliser.....	17
6.3	Algorithms d'intelligence artificielle et de machine learning possibles .....	17
6.3.1	Description de l'équipe.....	18
6.3.2	Embarqué (Edge) .....	20
6.3.3	Tâches assignées à chacun des membres .....	20
6.4	Calculs et/ou évaluations préliminaires .....	21
6.4.1	Évaluation de la puissance consommée.....	21
6.4.2	Évaluation de la puissance de calcul .....	21
6.4.3	Évaluation de taille du circuit ou jeux.....	21
7.	Estimation des coûts.....	22
8.	Échéancier (diagramme de Gantt) .....	23
9.	Références .....	25

## Table des figures

Figure 1: Concepte de projet soccer 7

Figure 2: Concepte de projet robot rapporteur 8

## Liste des Tableaux

Tableau 1: Tableau des normes en sécurité des machines 13

Tableau 2: Tableau des estimations des coûts 22

## **1. Introduction et mise en contexte du projet**

Le département des sciences appliquées a besoin de matériel pour faire des démonstrations de l'UQAC au cours de ses différentes activités de promotions. Le Club de robotique UQAC CRUQAC a proposé de faire un robot de démonstration. Ce robot pourra être exposé et en faire la démonstration de ses capacités lors des événements de promotion du DSA de l'UQAC. Les étudiants membres de cette équipe seront les représentants du club de robotique pour ce projet. Ce robot doit faire intervenir l'intelligence artificielle et être capable d'interaction avec le public.

Plusieurs avenues ont été explorées afin de parvenir à un projet qui est à la fois réaliste et attirant pour le promoteur.

## **2. Analyse des besoins du client et des exigences des différents intervenants**

### **2.1 Besoin et exigence des clients**

Puisque le client est un groupe composé de deux entités différentes soit le Département des sciences appliquées (DSA) et le club de robotique de l'UQAC (CRUQAC). Il est important d'analyser ce que les deux entités veulent tirer de ce projet.

#### **2.1.1 Département des sciences appliquées**

Les besoins du département sont d'avoir une plateforme de démonstration. Cette plateforme se doit d'être :

1. Facile à transporter;
2. D'être de bon goût et attirante;
3. Qui démontre les capacités d'un étudiant en génie;
4. D'être sécuritaire pour le public;

### **2.1.2 Besoins du club de robotique**

Le Club de robotique veut augmenter son expertise dans le domaine de l'intelligence artificiel (IA), le ML (Machine Learning) ainsi que la conception avec FPGA (Field Programmable Gate Array)

Il est donc primordial que les solutions proposées intègrent au moins une de ces technologies. De plus, le Budget maximum attribué à ce projet en quincaillerie est de 3000\$

De plus, il est voulu que le l'ensemble des calculs soit embarqué le plus possible.

## **2.2 Projet désiré**

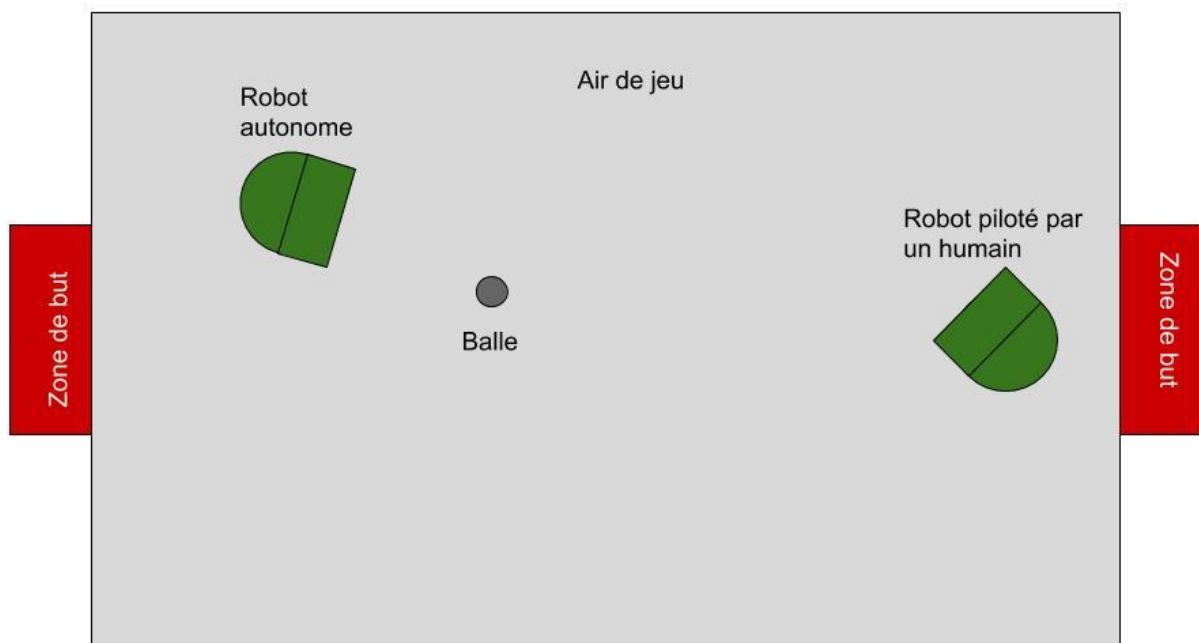
Le client a proposé un concept ou le robot aurait pour but de faire la promotion du département de science appliquée (DSA) de l'UQAC. Pour ce faire, le client désire que le robot utilise de l'intelligence artificielle et/ou l'apprentissage machine pour la démonstration. Le robot devra donc effectuer une tâche seule sans intervention humaine à l'exception de sa mise en marche et la recharge de ses batteries. Le tout, soit le robot autonome et ses accessoires, se doit d'être facilement transportable. La mise en place pour rendre le tout opérationnel se doit d'être simple et rapide.

1. L'ensemble des données et décisions du robot se doivent d'être embarquées
2. Aucun cordon d'alimentation ne doit être apparent.
3. Le robot doit interagir avec le public
4. Le robot et son matériel doivent être facilement transportables
5. Le robot doit être facile d'utilisation
6. Le robot doit attirer l'attention du public.

### 2.2.1 Projets considérés

#### 2.2.2 Solution 1 : Robot joueur de soccer

Cette approche consiste à faire affronter deux robots identiques dans une arène ou l'un piloté par un humain l'autre piloté automatiquement par une intelligence artificielle. Le but du jeu serait semblable au soccer ou l'objectif serait de faire entrer une balle dans le but adverse et faire le plus de points. De cette façon, le public serait directement impliqué dans une interaction directe avec le robot. L'utilisation d'un robot physique plutôt que numérique permet un engagement plus important avec le public. De plus, l'intégration des intelligences artificielles dans le domaine des jeux vidéo est déjà bien intégrée et moins pour des robots. Pour représenter l'UQAC, l'utilisation de

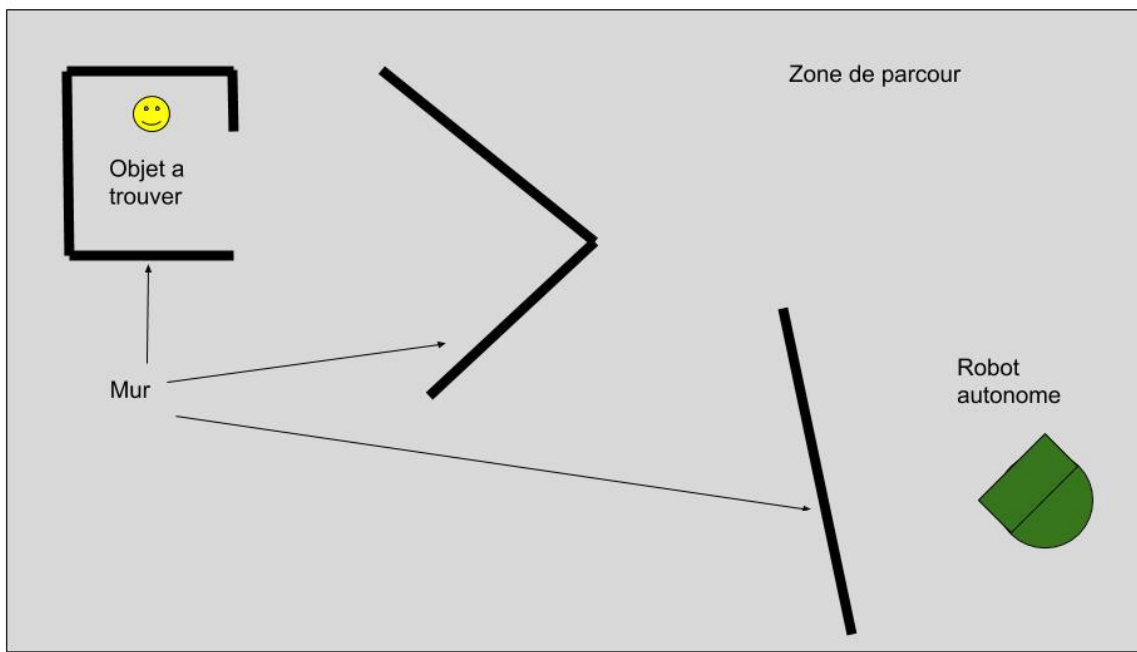


**Figure 1: Concept de projet soccer**

robotique est préférable, car ceci se rapproche d'avantage des milieux industriels et automatisation.

### 2.2.3 Solution 2 : robot rapporteur

Cette solution vise à mettre en place un parcours quelconque représentant les pièces d'une maison par exemple. Le robot doit se déplacer et se repérer dans cet environnement qui peut changer. Le robot aura pour but de retrouver les objets qu'un humain va lui demander par commande vocale, d'aller les chercher et signaler qu'il les a trouvés.



**Figure 2: Concept de projet robot rapporteur**

### 2.2.4 Solution 3 : robot kart

Cette solution consiste en deux robots à la manière de karts. Un premier contrôle par un usager grâce à une télécommande et un deuxième contrôle par un AI embarqué. L'objectif de l'utilisateur serait alors de vaincre l'autre robot dans une course dont le parcours est affiché grâce à la réalité augmentée.



#### **2.2.5 Solution 4 : robot joueur d'échecs**

Ici seul un robot serait présent et il jouerait aux échecs avec un usager. Le jeu d'échecs serait physique et les décisions du robot proviendraient d'une intelligence artificielle embarquée.

### 2.3 Choix du projet à faire

Afin de sélectionner la solution à proposer au client. Une matrice décisionnelle a été faite afin de répondre au maximum aux demandes du client tout en restant avec un projet qui est réaliste dans le temps imparti.

Les critères évalués dans cette matrice sont :

- La faisabilité du projet budgétaire et temporel sur 5 points.
- La facilité de transport et de mise en marché sur 3 points et
- l'intérêt du client envers la solution proposée sur 4 points.

Projet proposé	Faisabilité (5 points)	Transport et portabilité (3 points)	Interet du client (4 points)	Total
Soccer	4	3	4	11
Rapporteur	4	2	1	9
Robot kart	1	1	3	4
Échecs	2	4	1	7

**Tableau 1: Matrice de décision projet proposée**

Suite aux résultats de cette matrice. Le projet consistera à faire robot qui jouent au soccer.

### **3. Revue de l'état de l'art sur le sujet**

L'utilisation d'intelligence artificielle permettrait de remplir la partie décisionnelle et analyse. Les options s'offrant à nous seraient alors par exemple OpenAI, TensorFlow, TinyML, Coral, Jetson, etc.

Pour l'émulation de mur à partir de ruban physique, l'utilisation de réalité augmentée serait appropriée. Les plateformes de développement d'application avec réalité augmentée sont unity3D et Unreal Engine.

### **4. Codes et standards**

#### **4.1 Standard en informatique**

En informatique, les standards consistent principalement à s'assurer que le code est versionné et bien commenté. Également, la vérification et validation (V&V) est essentielle.

La norme ISO 29110 : *Systems and Software Life Cycle Profiles and Guidelines for Very Small Entities* qui s'applique aux équipes de moins de 25 personnes en développement sera également suivi

#### **4.2 Standards en informatiques**

#### **4.3 Standards en langage de programmation utilisée**

Les standards de programmation sont propres à chaque langage sont trouvables dans les spécifications des langages. Il faudra donc les consulter une fois que les choix technologiques seront faits.

#### **4.4 Standards en Intelligence artificiels**

Actuellement l'IA n'est pas régie par une loi ou une norme spécifique au Canada. Cependant, Le Canada a adopté en 2017 la « Pan-Canadian AI Strategy » [1]

Selon CIFAR [2], l'organisme à l'origine de l'initiative, cette stratégie a pour objectifs de :

- L'accroissement du nombre de grands chercheurs et diplômés qualifiés dans le domaine de l'intelligence artificielle au Canada.
- Établissement de centres d'excellence scientifique interconnectés dans les trois grands centres canadiens de l'intelligence artificielle situés à Edmonton, à Montréal et à Toronto.
- Établissement d'un leadership éclairé d'envergure mondiale relativement aux répercussions économiques, éthiques, politiques et juridiques des percées en intelligence artificielle.
- Soutien d'une communauté de recherche nationale en intelligence artificielle.

## 4.5 Standards en conception de machines

Tableau des normes	
Nom	Nom complet de la norme
<b>ISO 13850:2015</b> [3]	Safety of machinery — Emergency stop function — Principles for design
<b>ISO 13849-1:2015</b> [4]	Safety of machinery — Safety-related parts of control systems — Part 1: General principles for design
<b>ISO 13849-2:2012</b> [5]	Safety of machinery — Safety-related parts of control systems — Part 2: Validation
<b>ISO/WD 13855</b> [6]	Safety of machinery — Positioning of safeguards with respect to the approach of the human body
<b>CAN/CSA-Z434-14 (R2019)</b> [7]	Safety requirements for industrial robots - Part 1: Robots

**Tableau 2: Tableau des normes en sécurité des machines**

## 5. Préoccupations sociales et professionnelles

### 5.1 Professionnalisme de l'UQAC

Comme ce robot sera apporté lors de démonstration dans d'autres régions et à l'UQAC, ce dernier se doit de représenter l'UQAC avec fierté. Les gens qui verront ce robot en action devront avoir une perception positive et professionnelle de ce que l'UQAC et ses étudiants sont capables de réaliser. Si le robot renvoie une image négative, l'UQAC pour perdre sa crédibilité et ne montrera pas le professionnalisme de ses étudiants et étudiantes. De plus,

le robot n'aurait pas atteint son but promotionnel. C'est pour ces raisons que de l'emphase doit être portée sur la perception du robot par les autres.

## **5.2 Moralité sur l'IA utilisé**

Étant donné que la nature des fonctionnalités du robot, celui-ci demande d'y inclure d'une façon ou d'une autre une intelligence artificielle. Celle-ci doit respecter certaines considérations morales face à son interaction avec le public. L'IA ne doit pas être discriminatoire envers ceux et celle qui interagiront avec elle et ne devra pas être irrespectueuse de quelque façon. L'utilisateur humain devra toujours sentir qu'il maîtrise la situation par rapport à l'AI et jamais le contraire

## **5.3 Esthétisme et présentation.**

La présentation du robot au niveau visuel est un aspect qui ne doit pas être négligé. Elle démontre entre autres le professionnalisme de l'UQAC et de l'équipe qui l'a réalisée. De plus, un robot qui a un aspect visuel intéressant sera plus incitant à être vu par le public cible. De cette façon, le but de promouvoir les capacités des étudiants et étudiantes de l'UQAC. Si l'esthétisme n'est pas pris en compte, le robot pourrait ne pas avoir la visibilité désirée par le client.

## **5.4 Impacte sur la santé-sécurité**

Les sous-sections suivantes énumèrent les risques potentiels à la santé et sécurité par rapport au projet.

### **5.4.1 La facilité de transport**

Des blessures peuvent subvenir au cours du transport des équipements si l'ensemble est trop lourd ou si les équipements ne sont pas adaptés au transport. Les lésions possibles sont les torsions lombaires ou autres lésions au dos lors du levé de la charge. Il est aussi possible d'avoir des chutes de même niveau sur de surfaces glissantes lors du transport durant la période hivernale. Il sera à voir si le projet peut être déplacé dans une étudie de transport ou une valise de transport.

### **5.4.2 Sécurité de manipulation**

Puisque les composantes seront manipulées par le grand public, il est important que les composantes soient sécuritaires à la manipulation. Cela peut être atteint en effectuant une réduction des pièces mobiles du robot.

### **5.4.3 Feu et explosion**

Certains robots sont équipés de batteries au Lithium. Ces batteries sont souvent bénignes en environnement contrôlé. Cependant, lors d'un court-circuit important, il est possible que ces batteries prennent feu ou même explosent.

### **5.4.4 Sécurité des données**

Le robot sera sûrement équipé de capteurs ou d'autres modules d'acquisition de données. Il est important de protéger ces données contre l'accès de la partie non autorisé.

## **5.5 Impact sur l'environnement**

Les principales impactent du projet sont l'origine de ses composantes, ainsi que la technologie de pile utilisée. Des batteries rechargeables seront à prioriser afin de réduire l'impact environnemental. Ce type de pile peut être de type *Li-Po* ou *Ni-MH*.

## **6. Méthode de résolution envisagée (ingénierie de concept)**

Afin de parvenir au résultat final, plusieurs options d'architecture et d'algorithmes se présentent dans la réalisation de ce projet. Les approches de gestion et prise de décision sont :

1. Cloud
2. centralisé via Serveur local;
3. Edge Computing;

### **6.1 Évaluation de solutions système potentielles**

#### **6.1.1 Cloud**

Cette solution consiste à avoir des capteurs IoT connectés sur nuage (serveur éloigné). L'ensemble des données sont envoyées via connexion Ethernet/IP à ce serveur. Le serveur s'occupe de traiter les données, de prendre une décision et renvoyer les instructions au robot. Dans ce cas si le robot n'est seulement qu'un objet IoT. Le serveur prend l'ensemble des décisions.

##### **Les avantages sont :**

- L'acquisition de matériel physique est réduite avec l'utilisation de plateformes de Cloud louées.
- Plusieurs services de nuage sont disponibles à un coût mensuel afin d'éviter l'achat de matériel physique[8]
  - Amazon web services (AWS)
  - Microsoft Azur
  - Google Cloud Platform – AI Plateforme
  - OpenAI API

##### **Les désavantages sont :**

- Possibilité d'une plus grande latence en lien avec une dépendance du réseau
- Un montant mensuel sera requis pour l'ensemble de la durée de vie du projet.



### **6.1.2 Serveur**

Tout comme le nuage, un serveur s'occupe de traiter l'ensemble des données ainsi que de la prise de décision. Toutefois, le serveur est dans ce cas si placé à proximité local des autres objets. Les avantages possibles sont une réduction de la latence.

#### **Les avantages sont :**

- Le projet n'est pas dépendant des services mensuels
- Possibilité de latence réduite

#### **Les désavantages :**

1. L'acquisition d'un centre de traitement des données est requise.

## **6.2 Décomposition du problème en tâches à réaliser**

Les étapes du projet sont les suivantes :

1. Faire des avantages de recherches sur les divers algorithmes d'intelligence artificielle
2. Faire la liste des Algorithmes potentiels
3. Faire la sélection de l'Algorithme d'intelligence artificielle;
4. Calculer la puissance de calcul minimale requise
5. Faire la liste de plateformes physiques potentielles avec les dimensions
6. Choisir plateforme de développement nécessaire en fonction de l'Algorithme d'intelligence artificielle
7. Faire l'inventaire des plateformes robotiques
8. Sélection de la plateforme robotique
9. Faire le choix du concept final (voir section échéanciers pour plus de détails)

## **6.3 Algorithms d'intelligence artificielle et de machine learning possibles**

Les 10 algorithmes les plus utilisés sont [9]:

1. Linear Regression
  - Création d'une droite représentant les données grace à la somme des moindres carrés.
2. Logistic Regression
  - Représente des résultats binaires (vrai ou faux) avec une courbe statistique.
3. Decision Tree
  - Classification des données avec apprentissage
4. SVM (Support Vector Machine)
  - Classification des données dans un espace à n dimensions pour mieux les exploiter
5. Naive Bayes
  - Classification des données sans corrélér les différentes catégories.
6. KNN (K- Nearest Neighbors)
  - Utilise les classes les plus près pour classifier ou régresser.
7. K-Means
  - Regroupe des données en fonction de ce qui les rejoint
8. Random Forest
  - De multiples arbres déterminent la classe d'une donnée et la classe sélectionné par le plus grand nombre d'arbres l'emporte.
9. Dimensionality Reduction Algorithms
  - Utiliser des techniques d'intelligence artificielle pour réduire la place que des données prennent en les classifiant
10. Gradient Boosting & AdaBoost
  - Algorithmes de prédiction pour travailler de grande quantité de données avec de multiples prédicteurs pour obtenir des prédictions fiables.

Le choix de l'algorithme se fera fait au prochain rapport.

### **6.3.1 Description de l'équipe**

L'équipe est constituée de trois membres qui sont en dernière année de leur baccalauréat en génie.

**Quessy, Benjamin** (Génie électrique)

Étudiant en 4<sup>ième</sup> année du Baccalauréat en génie Électrique. DEC en Environnement, Hygiène et Sécurité au Travail. Membre du club de robotique depuis janvier 2015. Membre de l'équipe machine des jeux de génie en 2016 et 2018. Expérience en Automatisation, Programmation d'interfaces, et conception de machines.

**Tremblay, Alexandre** (Génie électrique):

Termine présentement son baccalauréat en génie électrique et possède un diplôme d'études collégial en génie mécanique comme concepteur mécanique. A déjà participer à la conception de la machine des jeux pour les jeux de génie 2020. Il est passionné par tout ce qui a trait au système autonome et à l'électronique de tout genre.

**Antoine, Boucher** (Génie informatique)

Finissant cette année en génie informatique. Autrefois développeur logiciel dans plusieurs firmes d'ingénierie de la région, il est désormais particulièrement enthousiaste à la réalisation de systèmes d'envergure et à la R&D.

### **6.3.2 Embarqué (Edge)**

Contrairement à l'approche centralisée, avec l'approche embarquée, le robot s'occupe de prendre lui-même ses décisions. Cela réduit la quantité de données qui transige dans la bande passante. Avec cette option chaque robot s'occupe de prendre ses décisions de façon individuelle.

#### **Les avantages sont :**

11. Réduction des données qui transige dans la bande passante;
12. Chaque robot peut prendre une décision individuellement

#### **Les désavantages :**

- Le coût de chaque robot augmente drastiquement puisque chaque robot aura une intelligence embarquée

### **6.3.3 Tâches assignées à chacun des membres**

#### **Quessy, Benjamin**

Gestionnaire de projet et interaction client

#### **Tremblay, Alexandre**

Directeur du département d'électronique et d'électricité

#### **Antoine, Boucher**

Directeur du département d'informatique et logiciel

## **6.4 Calculs et/ou évaluations préliminaires**

### **6.4.1 Évaluation de la puissance consommée**

L'élément qui est le plus critique à la consommation de puissance est l'ordinateur embarqué. Pour ce faire, de petits systèmes spécialement conçus pour des applications embarquées existent. Ces ordinateurs consomment peu de puissance et offre une bonne capacité de calcul.

### **6.4.2 Évaluation de la puissance de calcul**

Des plateformes de développement spécialement conçu pour des applications d'apprentissage machine et d'intelligence existe déjà. Ces plateformes ont les ressources nécessaires afin de permettre au modèle d'intelligence artificielle de s'exécuter sur le matériel. Étant donné que le robot n'a pas la nécessité de prendre des décisions rapidement, les plateformes mentionnées ont les capacités désirées. De plus, des projets semblables en termes de capacité de calcul ont déjà été réalisés utilisant ces plateformes.

### **6.4.3 Évaluation de taille du circuit ou jeux**

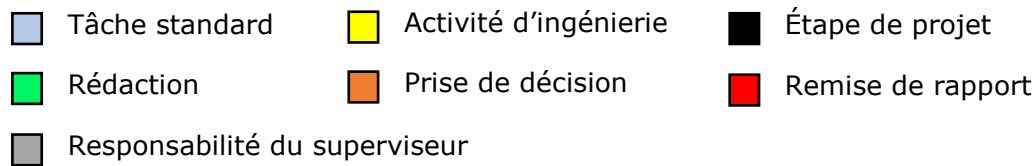
Les robots devront être le plus petits possible afin de réduire la taille du circuit ou du jeu. Des robots de prototypage existant ont des tailles de 20 à 30 CM. Se faisant, le circuit ou jeux pourrait avoir une dimension de 2 à 3 mètres en longueur et largeur.

## 7. Estimation des coûts

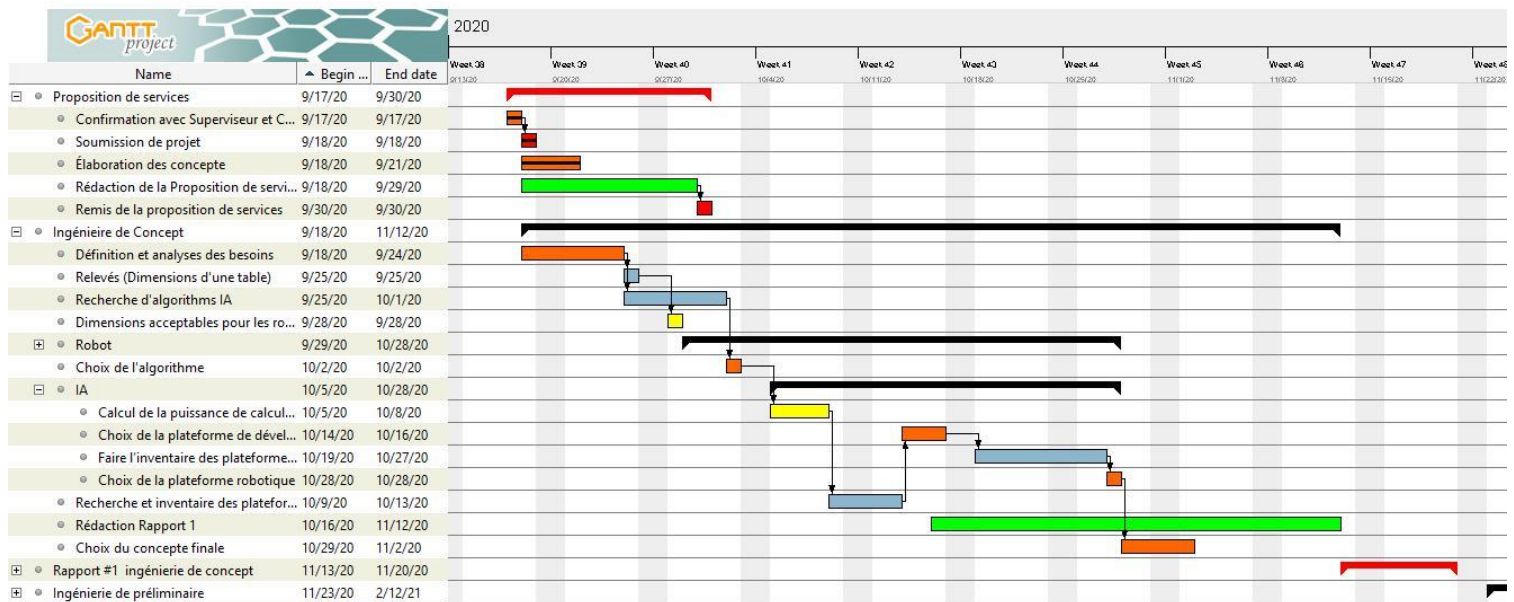
Estimation des couts		Robot démonstrateur	
Achat de matériel	qte.	prix unitaire	total (\$)
Plateforme robotique	2	200	400
Plateforme de développement IA	1	500	500
Camera	1	80	80
Autres capteurs	1	100	100
Impression pièces	1	50	50
Parcours	1	100	100
Sous total (\$)			1230
Achat logiciel	qte.	prix unitaire	total (\$)
Éditeur de texte	1	0	0
M.L. API	1	0	0
Simulateur de robotique	1	0	0
sous total (\$)			0
Main d'œuvre et ing.	heures	taux horaire	total (\$)
Recherche et documentation	200	60	12000
Programmation et implémentation	370	60	22200
Test et amélioration	100	60	6000
Fabrication du robot	5	60	300
sous total (\$)			40500
Grand total (\$)			41730

**Tableau 3: Tableau des estimations des coûts**

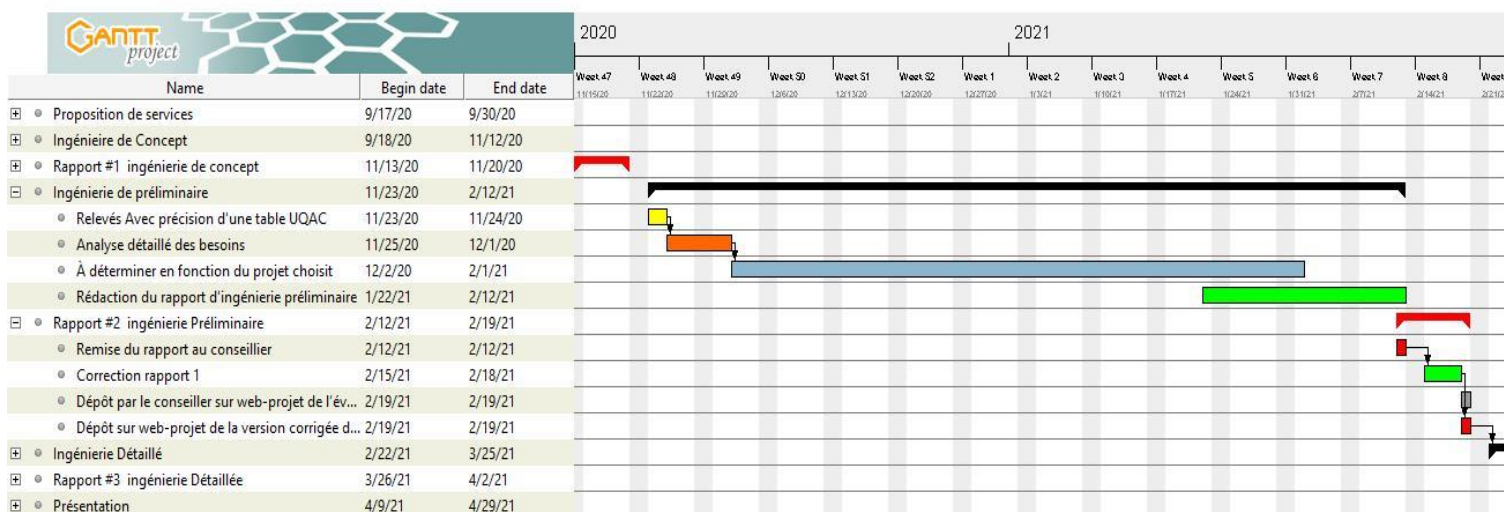
## 8. Échéancier (diagramme de Gantt)



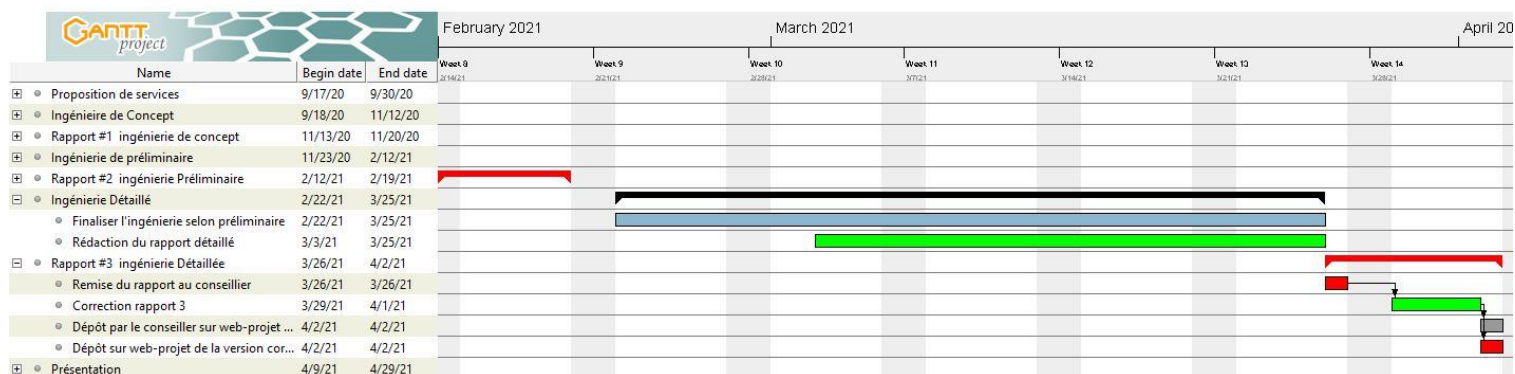
**Figure 3: Légende des échéanciers**



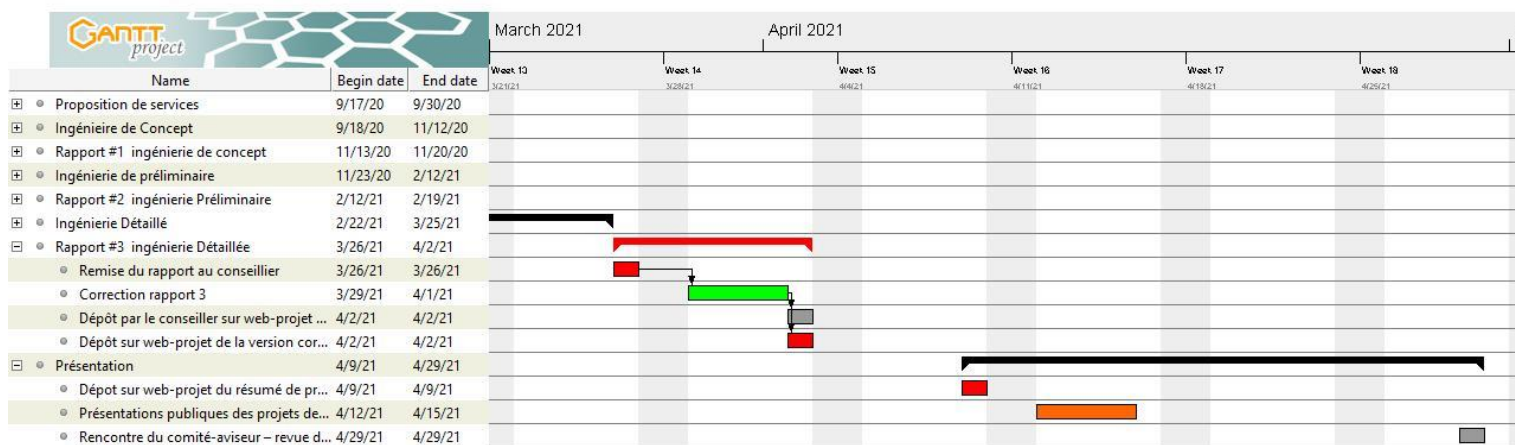
**Figure 5: Échéancier ingénierie de Concept**



**Figure 4: Échéancier ingénierie préliminaire**



**Figure 7: Echancier d'ingénierie détaillé**



**Figure 6: Échancier de remis et présentation**



## 9. Références

- [1] E. S. T. A. R. L. G. Guerra. Regulation of Artificial Intelligence: The Americas and the Caribbean
- [2] (2017). *Stratégie pancanadienne en matière d'intelligence artificielle*. [Online] Available: <https://www.cifar.ca/fr/ia/strategie-pancanadienne-en-matiere-dintelligence-artificielle>
- [3] *ISO 13850:2015 - Safety of machinery — Emergency stop function — Principles for design*, Norme.
- [4] *ISO 13849-1:2015 -- Safety of machinery — Safety-related parts of control systems — Part 1: General principles for design*, I.-I. O. f. Standardization, 2015.
- [5] *ISO 13849-2:2012 -- Safety of machinery — Safety-related parts of control systems — Part 2: Validation*, 2018.
- [6] *ISO/WD 13855 -- Safety of machinery — Positioning of safeguards with respect to the approach of the human body*, 2015.
- [7] *CAN/CSA-Z434-14 (R2019) Safety requirements for industrial robots - Part 1: Robots*, CSA, 2019.
- [8] G2. "Best Cloud Platform as a Service (PaaS) Software." G2. <https://www.g2.com/categories/cloud-platform-as-a-service-paas> (accessed 9/26/2020).
- [9] S. Tavasoli. "10 Machine Learning Algorithms You Need to Know." <https://www.simplilearn.com/10-algorithms-machine-learning-engineers-need-to-know-article> (accessed 2020).