



**FORMULE
POLYTECHNIQUE
MONTRÉAL**

MEC3900 – PROJET INTÉGRATEUR III Amélioration d'une boîte de vitesse d'une Formule SAE

CAHIER DES CHARGES ET MÉTHODOLOGIE

présenté à
Aurelian Vadean, enseignant

par
SULLIVAN, Victor 1683707

Lors de l'année 2015, la boîte de vitesse de la Formule Polytechnique Montréal a été identifiée comme étant un maillon faible parce qu'elle n'était pas adaptée à son utilisation et elle était très peu fiable.

Ce projet intégrateur visera donc à régler cette problématique en identifiant d'abord les besoins du client à l'aide de simulations et d'entrevues avec des pilotes. Puis en proposant des concepts qui pourraient être utilisés sur le véhicule 2016. Les modifications les plus importantes seront de réduire le nombre de rapports et modifier leurs ratios. La nouvelle boîte de vitesse sera fabriquée et installée sur le véhicule en mars 2016 afin que les pilotes puissent valider son effet. Le projet devra être terminé et sera présenté le 14 avril 2016.

L'ensemble du travail se fera en partenariat avec l'équipe de la Formule afin de s'assurer de l'intégration des changements. Une attention particulière sera portée sur la transmission des connaissances afin que l'équipe bénéficie au maximum du projet.

Montréal
le 9 février 2015

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES TABLEAUX.....	1
Introduction.....	1
Chapitre 1 FORMULATION DU PROBLÈME	2
1.1 La problématique.....	2
1.2 L’objectif du projet.....	2
1.3 Les besoins	3
Chapitre 2 CAHIER DES CHARGES	4
2.1 Cahier des charges de la boîte de vitesse.....	4
2.2 Évaluation des résultats	6
Chapitre 3 MÉTHODOLOGIE ET LIVRABLES	8
3.1 Récolte de données	8
3.2 Design et conception	9
3.3 Validation	9
3.4 Politique de révision	10
3.5 Transmission des connaissances.....	11
Conclusion	13
ANNEXES	15
Annexe A ÉCHÉANCIER.....	17

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2.1 – Description des fonctions principales	4
Tableau 2.2 – Description des fonctions secondaires	5
Tableau 2.3 – Description des contraintes	6
Tableau 3.1 – Récolte de données	8
Tableau 3.2 – Politique de révision	10

Introduction

La Formule Polytechnique Montreal est une société technique dont le but est de construire un véhicule de course monoplace afin participer à des compétitions interuniversitaire organisées par la Formule SAE (Society of Automotive Engineers). L'équipe de la Formule est présentement dans la phase de fabrication du véhicule 2016 et compte participer à sa première compétition le 11 mai 2016. À chaque année, la Formule propose et dirige plusieurs Projets Intégrateurs 3 afin de régler des problématiques qu'elle vit ou effectuer de la recherche et du développement.

Ce projet, qui est effectué lors de la session d'hiver 2016, vise à améliorer la boîte de vitesse de la Formule. Tout d'abord, la problématique et les besoins du client seront présentés au chapitre 1, puis le cahier des charges suivra au chapitre 2 et le document se terminera avec la méthodologie et le plan de travail. En annexe, un échéancier général sera présenté.

Chapitre 1

FORMULATION DU PROBLÈME

1.1 La problématique

La conduite de la Formule est inefficace à cause d'une boîte de vitesse qui n'est pas adaptée à son utilisation. Cette inefficacité est due à un nombre de rapports trop élevés et mal étagés. La boîte de vitesse sur la Formule 2014 était aussi actionnée par un système pneumatique qui était très peu fiable.

1.2 L'objectif du projet

L'objectif est de résoudre le problème ci-haut soit d'adapter la boîte de vitesse du moteur DS450 à son utilisation sur la Formule Polytechnique. Cette adaptation doit permettre d'obtenir plus de points lors des compétitions de Formule SAE.

Elle se fera en tenant compte des deux aspects suivants

- La performance simulée aux différentes épreuves avec un pilote considéré parfait
- La facilité d'utilisation de la boîte de vitesse (selon les pilotes).
- La fiabilité du système

Plus la boîte de vitesse est facile à utiliser, meilleurs seront les résultats lors des épreuves car la conduite du pilote se rapprochera plus de celle d'un pilote parfait (simulation). Le travail se fera en collaboration avec l'équipe d'ergonomie. Cette équipe sera en charge de faire la liaison entre le pilote et la boîte de vitesse.

1.3 Les besoins

Les besoins de la boîte de vitesse de la formule se résument aux points suivants :

- Permettre au pilote d'effectuer des changements de vitesse facilement
- Augmenter la performance globale aux compétitions
- Être fiable

Les fonctions nécessaires du projet et les contraintes sont établies en fonction des besoins et sont présentées au chapitre suivant.

Chapitre 2

CAHIER DES CHARGES

2.1 Cahier des charges de la boîte de vitesse

Tableau 2.1 – Description des fonctions principales

Fonction	K	Critère	Niveau	Flexibilité	Justification et notes
Permettre au pilote de sélectionner un ratio de vitesse	5	Mode de sélection	séquentiel	Aucune	Une boîte de vitesse séquentielle permet de limiter le temps nécessaire aux changements de rapports et faciliter la tâche du pilote
Limiter la tâche du pilote	4	Nombre de vitesses	3	± 1	Ce nombre de rapports permet au pilote de réduire le nombre de changements de vitesse
Augmenter la performance	5	Points additionnels aux évènements par rapport à la boîte de vitesse originale:	> 0	minimum	Voir évaluation de la performance

Tableau 2.2 – Description des fonctions secondaires

Fonction	K	Critère	Niveau	Flexibilité	Justification et notes
Être léger	2	Masse ajoutée par rapport à la boîte de vitesse originale	0 g	2kg (maximum)	Il devrait être possible de conserver la même masse qu'anciennement ou même la réduire, toutefois, s'il faut modifier l'embrayage il se peut que la masse augmente. Le critère à respecter sera alors le suivant : la performance additionnelle d'un tel système devra être supérieure au handicap créé par la masse ajoutée.
Simplicité	2	Nombre de pièces modifiées	3 pièces	±2	Afin de garder le design le plus simple possible et avoir un produit réaliste à fabriquer compte tenu des échéances, l'objectif est de modifier uniquement 2 pièces, soit le sélecteur de vitesse et les pignons de chaîne. Si l'embrayage a aussi besoin d'être modifié, ce nombre pourra être révisé.
Fiabilité	5	$\frac{\text{nombre d'essais sans bris}}{\text{nombre d'essais total}}$	95%	minimum	La transmission ou le système de sélection de vitesse ne devra pas occasionner de bris dans 95% des fois où le véhicule doit rouler. Même si ce système est souvent le maillon faible d'une formule SAE, il ne doit pas empêcher le véhicule de courser ou d'être testé.

Tableau 2.3 – Description des contraintes

Contrainte	Critère	Niveau	Flexibilité	Justification et notes
Coût	Prix des pièces	200\$	maximum	Ce cout représente ce que la Formule est capable de donner pour soutenir le projet. Il ne représente pas la valeur des pièces mais seulement le prix payé. La recherche de commandite est donc fortement encouragée. Le prix peut aussi être révisé à tout moment du projet selon la situation financière de la Formule Polytechnique.
Règlements :				
Protection de la chaine	Règle T8.4	Respect	Aucune	
Temps	Date de l'oral	14 avril	Aucune	Les dates d'échéance sont déterminées par l'école et ne peuvent être déplacés.
	Date du rapport final	14 avril	Aucune	

2.2 Évaluation des résultats

Afin de valider le concept, une simulation des différentes épreuves devra être menée avec le logiciel de simulation Optimum Lap. Ce logiciel doit permettre d'obtenir les temps au tour à différentes épreuves pour les différentes boîtes de vitesses (originale et modifiée). Les temps au tour seront ensuite convertis en points (selon les résultats et les classement de Lincoln 2013) afin de déterminer quelle différence la boîte de vitesse amènerait au classement du véhicule.

Cette méthode ne tient pas en compte l'interaction avec le pilote, ainsi, la façon idéale d'évaluer les résultats serait de parcourir différents circuits de Formule SAE en comparant la nouvelle et l'ancienne boîte de vitesse. Toutefois, vu les ressources nécessaires pour ce genre de comparaison, (piste, pilotes, temps, etc). Une autre méthode de validation et d'évaluation expérimentale devra être utilisée. Celle-ci est présentée au chapitre 3.3.

Chapitre 3

MÉTHODOLOGIE ET LIVRABLES

Ce chapitre présente la façon dont le projet sera mené ainsi que la stratégie utilisée pour arriver au résultat final.

3.1 Récolte de données

L'objectif de la récolte de données est d'avoir toute l'information nécessaire pour mener le projet à terme. Le tableau 3.1 présente les sources des différentes à utiliser et l'information recherchée pour chacune d'elles.

Tableau 3.1 – Récolte de données

Source	Informations recherchées
Pilotes et ex-pilotes de la Formule	<ul style="list-style-type: none"> • Problèmes avec la boîte de vitesse • Avis sur l'amélioration • Précisions sur l'utilisation
Littérature	<ul style="list-style-type: none"> • Fonctionnement d'une boîte de vitesse • Utilisation optimale d'une boîte de vitesse •
Simulation	<ul style="list-style-type: none"> • Temps au tour théorique • Meilleurs ratios pour différents circuits
Banque de données de la Formule (historique des anciens véhicules et projets) et membres de la Formule	<ul style="list-style-type: none"> • Historique des boîtes de vitesse sur la formule • Décisions et motivations des anciens systèmes • Observations sur les anciens systèmes

	<ul style="list-style-type: none"> • Techniques de fabrication et outils potentiels • Régime optimal du moteur
--	--

3.2 Design et conception

Le projet comportera les étapes de design et de traitement de l'information suivantes :

1. Analyse des circuits de Formule SAE (à différentes épreuves)
2. Détermination des rapports optimaux et justification
3. Proposition d'un ou plusieurs concept
4. Présentation au client (Formule Polytechnique Montreal)
5. Choix d'un concept
6. Fabrication et intégration au véhicule

Les étapes seront menées selon les échéances présentées à l'annexe A.

3.3 Validation

Le premier critère servant à évaluer et valider le projet sera l'avis de pilotes. Comme mentionné au chapitre 2, il est difficile de mener une comparaison quantitative rigoureuse entre la boîte de vitesse originale et celle qui sera fabriquée. Ainsi, une évaluation qualitative devra être faite par les pilotes. L'objectif sera de faire tester la boîte de vitesse modifiée par les pilotes et noter leurs avis sur les points suivants :

- Facilité d'utilisation
- Étagement des rapports lors des courbes
- Étagement des rapports lors des lignes droites
- Relayage de l'information au pilote.

Afin d'avoir une bonne comparaison, une évaluation identique de la boîte de vitesse originale devra être menée dès le début du projet.

Une deuxième évaluation pourra aussi être faite à l'aide de logiciels de simulation. Cette évaluation est secondaire puisqu'elle ne prend toutefois pas en compte l'interaction avec le pilote. Elle sera faite au cours du projet et permettra de valider le design avant d'amorcer la fabrication.

Finalement, la fiabilité pourra seulement être testée au cours de l'été et de la saison des compétitions puisqu'il faudra que le véhicule soit conduit plusieurs fois avant de pouvoir porter une évaluation.

3.4 Politique de révision

Une politique de révision doit être instaurée afin d'agir de façon plus logique et réfléchie lorsque des changements surviennent au milieu des phases de conception ou de fabrication du projet. Cette politique de révision sera mise à l'essai lors de ce projet et sera incorporée au mandat de la Formule 2017. La figure 1 présente la matrice de décision.

Tableau 3.2 – Politique de révision

	Phase		
	Recherche	Conception	Fabrication
Modification acceptée	Toute modification qui ne retarde pas les échéances	La révision ne retarderait pas ou très peu les échéances et permettrait des gains de performance substantiels.	La révision nécessite peu de travail et l'impact sur la performance est important.
	Le changement est très facile à effectuer		
	Négliger la révision empêcherait le véhicule de courser		
Modification refusée	La révision va à l'encontre des objectifs de l'équipe	La révision engendre beaucoup de travail et a un impact réduit sur la performance	La révision engendre beaucoup de travail

Puisque la construction de la Formule est un projet qui se fait à chaque année, les révisions perdent de leur importance puisque qu'elles peuvent être appliquées sur le véhicule suivant. Il est beaucoup plus bénéfique pour l'équipe de pouvoir participer aux compétitions et avoir suffisamment de temps pour faire des essais que d'avoir un véhicule théoriquement meilleur mais qui n'est pas prêt.

Les révisions et améliorations potentielles doivent toutefois être répertoriées afin qu'elles ne soient pas oubliées lors du design suivant.

3.5 Transmission des connaissances

Une des difficultés majeures dans le développement d'une équipe de Formule SAE est la transmission des connaissances. En effet, il y a un grand roulement de membres et certaines connaissances se perdent à chaque année lorsque les étudiants graduent.

Lors de ce projet, un effort devra être mis afin de limiter ce fardeau, permettre à l'équipe de s'améliorer et s'assurer que ce projet soit utilisé lors des années futures. Cet effort devra être fait en plusieurs étapes :

1. Réorganiser la banque de données de la Formule : ce travail doit permettre aux membres de se retrouver plus facilement dans les archives de la Formule et de profiter des différents travaux et projets fait dans le passé. De plus cette réorganisation permettra possiblement de trouver des informations sur les boites de vitesse
2. Sauvegarder et distribuer le travail complet et la littérature utilisée à toute l'équipe.
3. Présenter les résultats et le travail accompli à l'équipe.

Un effort sera aussi déployé afin d'utiliser au maximum les ressources de l'équipe lors du projet. Comme mentionné à la section 3.1, cela implique de faire une recherche sur les travaux et les décisions précédentes mais aussi de travailler en collaboration avec l'équipe actuelle.

Conclusion

Pour conclure, la Formule Polytechnique Montreal a besoin d'une boîte de vitesse afin de répondre mieux à ses besoins de performance, de facilité d'utilisation de fiabilité. Ces besoins seront comblés en modifiant légèrement la boîte de vitesse originale afin d'avoir moins de rapports et de mieux les étager. Finalement, le travail se fera en collaboration avec l'équipe de la Formule et les résultats seront validés et présentés le 14 avril 2016.

Les prochaines étapes du projet sont la recherche de données et l'élaboration d'un concept.

ANNEXES

Annexe A

ÉCHÉANCIER

[illegible]