



RAPPORT INITIAL DE DESCRIPTION DU PROJET

Course de voitures autonomes (Groupe 2)



12 Février 2021

1 Introduction : Enjeux et objectifs du projet

Nous travaillons sur le projet *Course de Voitures Autonomes*. L'objectif final est de présenter à la fin de l'année une voiture autonome sur la ligne de départ d'une course avec d'autres concurrents. La voiture dont nous disposons est partagée avec un autre groupe de PIE participant à la compétition. Le principal défi de ce projet est de réussir à assembler et faire fonctionner la voiture avec sa loi de commande. L'équipe qui présentera la meilleure loi de commande le jour de la compétition implémentera sa version sur le véhicule.

2 Cahier des charges

L'objectif de ce projet est de participer à une course de voitures autonomes. Autrement dit il nous faut construire un modèle réduit de voiture à échelle 1/10 capable de parcourir un circuit de course et de franchir la ligne d'arrivée avant les autres participants sans intervention extérieure de notre part, en respectant toutes les contraintes imposées par le règlement de la compétition. Nous devons ainsi veiller au fait que la voiture suive une trajectoire optimale et ne sorte pas du circuit.

La communication de l'équipe avec le véhicule doit se limiter à l'envoi d'un signal de démarrage et d'un signal d'arrêt. Si jamais pour une raison ou une autre la connexion entre l'équipe et le véhicule est interrompue plus de 2 sec, la voiture doit s'arrêter de manière autonome.

Le circuit de course sera une simple piste balisée par une bordure de 20 cm de hauteur composées d'éléments droits et d'arcs de cercles. La forme de ce circuit ne sera pas connue à l'avance. Liste du matériel imposé :

- Un kit châssis moteur Tamiya TT02
- Une batterie NimH 7,2V 3000mAh
- Un LIDAR
- Une carte microcontrôleur

Liste des critères de performance :

- Le véhicule doit avoir une autonomie suffisante pour fonctionner durant toute la course (imposé par la batterie).
- Le véhicule doit se déplacer de manière autonome entre les bords du circuit et les obstacles sans les percuter et sans percuter ses adversaires.
- Le véhicule doit adopter une trajectoire lui permettant de conserver une vitesse aussi grande que possible étant donné les caractéristiques du châssis.

3 Composition de l'équipe

3.1 Rôles par personnes

Pour mener à bien ce projet, nous avons intégré une équipe composée de sept élèves de l'ENSTA. La particularité de cette équipe provient des diversités de profils de chaque étudiant aussi bien au niveau des parcours scolaires qu'au niveau des nationalités.

Nous avons réparti les rôles en prenant en compte les forces et appétences de chacun :

- **Guillaume DEMEESTRE**, filière mécanique : Chef de projet
- **Ninon DUPEUBLE**, filière mécanique : Secrétaire et Responsable Pôle Electronique
- **Luiz Felipe BARBALHO**, filière STIC, AST Brésilien : Porte-Parole et Responsables Simulation
- **Matheus LINS ADLER**, filière mécanique, AST Brésilien : Responsables achat matériel et Responsable montage
- **Caio Lang**, filière STIC, AST brésilien : Responsable DATA et Responsable loi de commande
- **Mai-Xuân LE-DANGUY DES DESERTS**, filière mécanique : Responsable agencement châssis
- **Yassine Halloul**, filière mécanique, ENIT : Responsable récupération des données

3.2 Description des rôles

Nous avons divisé le projet en lots de travail afin de maximiser l'efficacité et l'avancement de chacun. Compte tenu du sujet traité, nous avons jugé pertinent de se diviser en 2 pôles principaux : le **pôle mécanique** et le **pôle informatique**. Ces deux pôles sont ensuite divisés en plusieurs lots avec pour chacun un ensemble de tâches, de livrables et de responsabilités définis.

3.2.1 Gestion

Chef de projet :

- Assure le bon déroulement général du projet en se tenant informé des avancées de chacun.
- Adapte le cahier des charges en accord avec les encadrants
- Prend des décisions
- Résout les conflits relationnels

Secrétaire :

- Rédige les comptes-rendus des réunions et l'ordre du jour
- Assure le bon déroulement des réunions
- Met à jour le carnet de bord du projet avec les tâches attribuées à chacun et le planning des réunions

Porte-parole

- Gère la communication de l'équipe avec le corps enseignant.

3.2.2 Pôle mécanique

Responsable achat et matériel :

- Rôle : Etablit la liste de commande de matériel nécessaire, récupère le nouveau matériel, assure son et sa mise à disposition de l'équipe
- Livrable matériel : Tous les composants nécessaires au montage de la voiture
- Échéance : Première échéance fin décembre (1ère commande matériel), seconde échéance fin février (2ème commande).

Responsable montage mécanique :

- Rôle : Supervise le montage mécanique du modèle réduit de la voiture
- Livrable documentaire : "Montage mécanique" : échéance 12 février
- Livrable matériel : Voiture montée et fonctionnelle : échéance 12 février

Responsable agencement châssis :

- Rôle : Optimise l'agencement des composants du châssis
- Livrable : Structure (plexiglas ou impression 3D) permettant l'agencement des composants : échéance : 26 mars

Responsable électronique :

- Rôle : Teste les capteurs et actionneurs de la voiture, veille à la bonne distribution des puissances.
- Livrable papier : " Montage électrique"
- Livrable matériel : Une voiture avec des branchements corrects : échéance : 26 mars

Responsable Sureté et Sécurité :

- Rôle : Identifie les potentiels risques pouvant nuire à la sécurité, assure le respect de consignes de sécurité
- Livrable : Tableau des risques, échéance : Décembre

3.2.3 Pôle informatique

Responsable DATA :

- Rôle : Assure l'accès et l'organisation de l'espace collaboratif GitHub (code) et Teams
- Livrable informatique : Un repository GitHub fonctionnel : échéance : Fin Décembre

Responsable Simulation

- Rôle : Améliorer les performances de la simulation de l'année précédente

- Livrable informatique : Simulation : échéance : 1 mars
- Livrable documentaire : Organigramme du code, documentation du code (Readme, commentaires...) : échéance : 1 mars

Responsable Récupération des Données :

- Rôle : Assure une bonne acquisition des données de la voiture (données LIDAR notamment), création d'algorithme de tests pour les composants de la voiture.
- Livrable informatique : Codes d'acquisition des données des capteurs (tests et réels)
- Livrable documentaire : Documentation du code (Readme, commentaires...)

Responsable Loi de Commande

- Rôle : Implémenter la loi de commande du véhicule à partir du code de calcul de trajectoire de la simulation et des données des capteurs.
- Livrable informatique : Loi de commande : échéance mi-avril
- Livrable documentaire : Documentation du code (Readme, commentaires...) échéance : mi-avril

Cette répartition en lots nous semble être la plus pertinente pour le moment. Elle sera peut-être soumise à quelques modifications si nous constatons que certains rôles peuvent être optimisés. Nous allons également prêter une attention particulière aux interfaces entre les différents lots afin que le passage d'information se fasse au mieux.

4 Parties prenantes

Nous avons identifié les parties prenantes et les forces qu'elles exercent sur le projet à l'aide d'un diagramme de Porter.

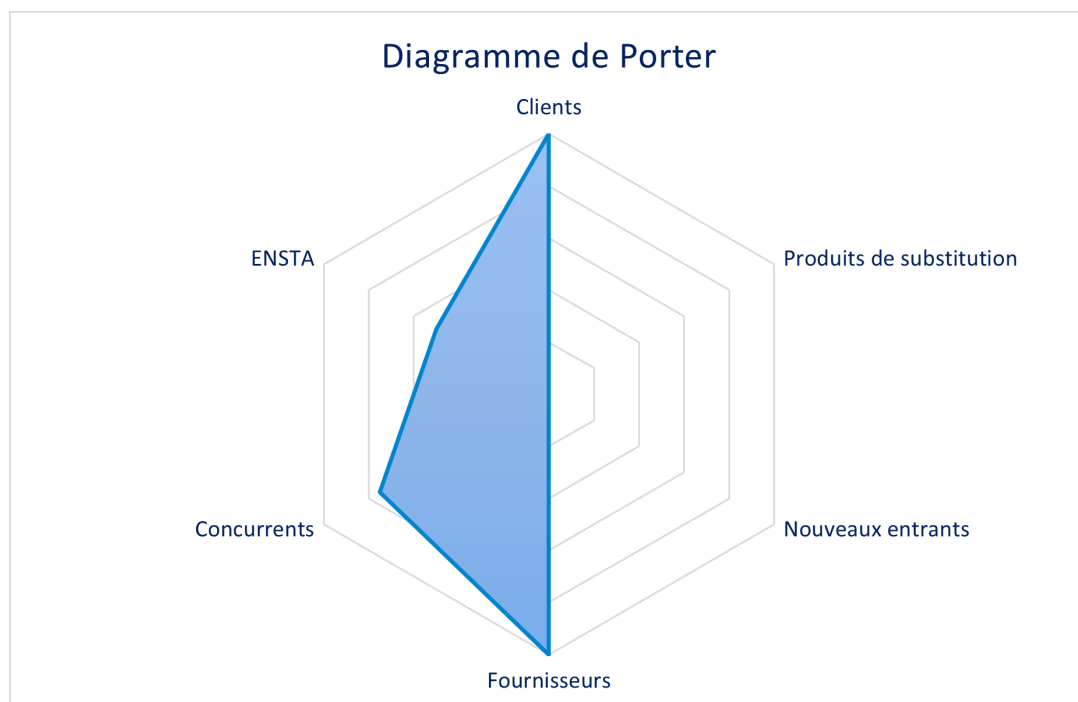


Figure 1 : diagramme de Porter du projet

- Clients : les organisateurs de la course
- Fournisseurs : le site commerçant et l'U2IS de l'ENSTA
- Concurrents : les autres équipes participant à la course
- ENSTA ou concours : organisme de réglementation de la course

5 Organisation du projet

Comme nous sommes une petite équipe, nous avons choisi une structure d'organisation horizontale non hiérarchisée pour maximiser le potentiel de chaque membre. Ainsi chacun hérite d'une ou plusieurs responsabilités au sein de son lot de travail.

Etant donné le cahier des charges qui nous est imposé et l'ampleur du projet, nous allons travailler par itérations et sous forme de circuits courts. De cette manière, nous avons à tout instant une idée précise de l'avancement du projet par rapport à l'objectif final et nous évitons que les lots de travail se dispersent chacun dans leur direction.

Le corollaire immédiat de cette stratégie est de mettre en commun régulièrement les livrables de chaque pôle afin de les interfacer et de faire des tests d'intégration à l'échelle des composants et/ou du système. C'est pourquoi nous avons décidé de nous réunir en présentiel régulièrement, à hauteur d'une fois par semaine environ, afin de se tenir informés de l'avancement des tâches en cours et d'avoir une bonne dynamique de groupe.

Une difficulté (ou opportunité) supplémentaire est que nous devons partager les composants de la voiture avec une autre équipe sans pour autant fusionner nos approches. L'enjeu d'une bonne communication est particulièrement crucial puisque le risque est la perte, la ruine ou, de manière plus générale, l'impossibilité d'utiliser une partie du matériel.

La distinction d'approche se fera donc sur la loi de commande que nous implémenterons dans la voiture. Nous avons fait le choix de la baser sur le code de calcul de trajectoire présent dans la simulation de l'équipe de 2019. Il s'agit d'en trouver les points d'amélioration, les corriger et finalement en faire une loi de commande embarquée sur la voiture réelle.

Pour nous aider à être efficaces dans cette organisation, nous essayons au maximum de nous appuyer sur les outils de gestion de projet, en particulier au quotidien le WBS et le GANTT (pour préciser les tâches des lots et programmer les mises en commun de leur livrables). Vous aurez un aperçu plus exhaustif de ces outils dans la suite du rapport.

6 Matrice SWOT

Nous avons identifié les Forces, Faiblesses, Opportunités et Menaces de l'équipe ensemble. Le résultat est la matrice SWOT suivante :

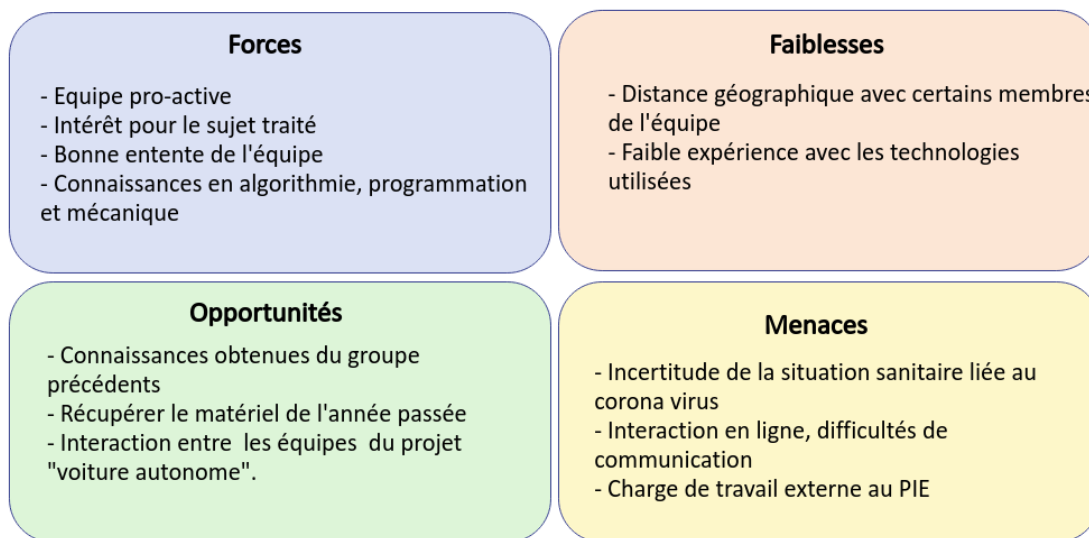


Figure 2 : Matrice SWOT du projet

Pour minimiser les effets des Menaces, nous avons décidé de passer les séances du PIE ensemble en présentiel – comme ça, on peut maximiser les interactions présentesielles et faciliter, donc, la communication.

Pour profiter des Opportunités, nous avons récupéré le code développé l'année dernière. Nous avons également établi un lien avec l'équipe 1 (avec laquelle on va partager les matériaux).

En général, une fois que les connaissances de l'année dernière soient proprement transmises à notre équipe, nous avons l'opportunité d'avancer le projet, sauf des inconvénients liés à l'incertitude de la situation sanitaire.

7 Budget Prévu

Nous avons déjà acheté le châssis, le servomoteur, la batterie et le LIDAR conjointement avec l'équipe 1. Nous avons également emprunté à l'U2IS une centrale inertielle, une Raspberry-pi, deux cartes SD et adaptateurs, un chargeur et un câble pour la centrale inertielle.

Il nous manque donc une carte de puissance et un chargeur adapté à la batterie que l'U2IS n'a pas pu nous fournir.

| Matériel | Payé | Coût prévu |
|----------------------|---------|------------|
| Châssis | 105,68€ | |
| Servomoteur | 16,10€ | |
| Batterie | 19,00€ | |
| LIDAR | 79,90€ | |
| Chargeur de batterie | | 30,00€ |
| Carte de puissance | | 20,00€ |
| TOTAL : 270,68€ | 220,68€ | 50,00€ |

8 Analyse des risques

La figure 3 présente les risques identifiés, leurs caractéristiques associées et les solutions choisies pour les prévenir.

| Risque | Fréquence/ 10 | Gravité /10 | Maîtrise /10 | Action préventive |
|--|------------------|----------------|-----------------|---|
| Retard dans les commandes des pièces | 5 | 5 | 6 | Commander les pièces au plus tôt |
| Retard lié à l'apprentissage | 4 | 2,5 | 3 | Prendre en compte le temps d'apprentissage dans la planification |
| Incompréhension du travail de l'année passée | 3 | 3,5 | 7 | Rester en contact avec l'équipe de l'année passée |
| Retard lié à un manque d'investissement | 3 | 3,5 | 8 | Planification régulière de points d'avancement |
| Friction avec l'équipe 1 | 6 | 1,5 | 3 | Parler à l'équipe au plus tôt pour définir les objectifs, rôles et libertés de chacun, en s'accordant également avec les encadrants Mettre en place des documents de gestion pour s'assurer que le matériel est laissé correctement accessible |
| Mauvaise intégration de certains membres due à la distance | 2 | 4 | 9 | Points d'avancement réguliers |
| Blessures lors de la manipulation du matériel | 4 | 7 | 8 | Respect des consignes de sécurité |
| Risques électriques | 1 | 4 | 8 | Respect des consignes de sécurité |
| Risques de surchauffe de la batterie (d'autant plus que le matériel est partagé) | 1 | 6 | 8 | Attention particulière portée à cet élément |
| Risque d'endommagement du matériel lors de tests ou de l'utilisation du produit fini | 3 | 5 | 7 | Soin porté à ce détail durant l'élaboration d'algorithmes Vigilance lors des tests et si possible, adaptation du matériel de test pour minimiser les impacts |
| Risque de demi-tour pendant la course | 2 | 8 | 2 | Non pris en compte car trop complexe |
| Risque de panne d'un composant électronique ou mécanique | 2 | 7 | 4 | Tester les composants à leur arrivée et commander très rapidement en cas de panne |
| Risque d'incompatibilité des composants | 2 | 6 | 2 | Réaliser un inventaire dès l'arrivée des pièces Monter la voiture au plus vite pour détecter au plus tôt les problèmes |

Figure 3 : Risques du projet

9 Planification et diagramme de GANTT

| Dates | 1/4/2021 | 1/5/2021 | 1/8/2021 | 2/5/2021 | 2/12/2021 | 2/19/2021 |
|--|----------|----------|----------|----------|-----------|----------------|
| Taches | | | | | | Point d'équipe |
| 1.1.1 Vérifier que toutes les pièces sont là | | | 1 | | | Point |
| 1.1.2 Planification de l'assemblage | | | 1 | | | Point |
| 1.1.2 Assemblage du châssis | | | | | 1 | 1 Point |
| 2.1.1 Compréhension de l'organisation du code de la simulation | 1 | | | | | Point |
| 2.1.2 Trouver des points d'amélioration de la simulation et la loi de commande (collisions trop fréquentes, erreurs "Pas de trajectoire optimale trouvée", détection des voitures par le lidar etc...) | | 1 | | | | Point |
| 2.2.1 interface entre la voiture (moteur principal et moteur de direction) et le calculateur (bus numérique/PWM ?) | | | 1 | | | Point |
| 2.2.2 comprendre l'interface (au sens des entrées, sorties, formes des données etc...) entre simulation et loi de commande (en gros ce qu'il y a à adapter dans la loi de commande) | | | | 1 | | Point |
| 2.2.3 interface entre loi de commande et calculateur (compatibilité code/calculateur) | | | | | 1 | 1 Point |
| 2.3.1 Mettre en place de l'acquisition et du traitement des données du LIDAR (et autres capteurs éventuellement) | | | | 1 | | 1 Point |
| 2.4.1 Identifier le code de calcul de trajectoire dans la simulation | | | | 1 | | 1 Point |

| Dates | 3/4/2021 | 3/5/2021 | 3/19/2021 | 3/26/2021 | 4/2/2021 | 4/9/2021 |
|---|----------|----------|-----------|-----------|----------|----------|
| Tâches | | | | | | Point |
| 1.1.1 Vérifier que toutes les pièces sont là | | | | | | Point |
| 1.1.2 Planification de l'assemblage | | | | | | Point |
| 1.1.2 Assemblage du châssis | 1 | | | | | Point |
| 1.1.3 Fixation des capteurs | | 1 | | | | Point |
| 1.1.4 Fixation du hardware et soudage | | | 1 | 1 | | Point |
| 1.2.1 Tester le bon fonctionnement des composants | | | | | 1 | 1 Point |
| 1.2.2 Tester les caractéristiques physiques pertinentes | | | | | | Point |
| 1.2.3 Déterminer vitesse optimale de la voiture | | | | | | Point |
| 1.2.4 Tester loi de commande | | | | | | Point |
| 2.3.1 Mettre en place de l'acquisition et du traitement des données du LIDAR (et autres capteurs éventuellement) | | 1 | | | | Point |
| 2.3.2 Coder la fonction d'affichage de l'environnement du LIDAR + test unitaire | | | 1 | 1 | 1 | 1 Point |
| 2.3.3 Intégrer les données du LIDAR au calcul de la loi de commande | | | | | | Point |
| 2.4.2 En faire une loi de commande qui prend en entrée les données LIDAR en temps réel et renvoie en sortie une consigne de déplacement et de direction (+compatibilité interface cf 2.2.3) | | | | | | Point |
| | | | | | | Point |

| Dates | 4/13/2021 | 4/14/2021 | 4/16/2021 | 4/27/2021 | 4/30/2021 | 5/4/2021 | 5/5/2021 | 5/7/2021 |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|
| Tâches | | | | | | | | |
| 1.2.2 Tester les caractéristiques physiques pertinentes | 1 | | | | | | | |
| 1.2.3 Déterminer vitesse optimale de la voiture | | 1 | | | | | | |
| 1.2.4 Tester loi de commande | | | | 1 | 1 | 1 | | |
| 2.3.3 Intégrer les données du LIDAR au calcul de la loi de commande | 1 | 1 | 1 | | | | | |
| 2.4.1 Identifier le code de calcul de trajectoire dans la simulation | | | | | | | | |
| 2.4.2 En faire une loi de commande qui prend en entrée les données LIDAR en temps réel et renvoie en sortie une consigne de déplacement et de direction (+compatibilité interface cf 2.2.3) | 1 | 1 | 1 | | | | | |

10 Les livrables

10.1 Livrables matériels

L'essence même de notre projet repose sur notre livrable matériel qui consistera en une voiture électrique équipé d'un lidar capable de détecter son environnement. Nous implémenterons une loi de commande à cette voiture afin de la rendre autonome.

10.2 Livrables documentaires

Tout au long du projet Nous produirons divers documents dans le but de mettre en place une gestion de configuration du projet. D'une part cela nous permettra d'avoir une vue d'ensemble de l'avancée du projet et ensuite cela facilitera la prise en main du projet pour les futurs équipes d'étudiants qui seront amenées à travailler sur le sujet.

- Documents de gestion de projet : matrice SWOT, digramme de GANTT., analyse des risques...
- Documents d'ingénierie système : Le rapport d'ingénierie système rendu en décembre et les documents de gestion de configuration
- Le présent rapport
- Carnet de bord : Contient l'intégralité des comptes-rendus des réunions ainsi que les tableaux d'action fixant les objectifs à accomplir par les membres de l'équipe
- Documents des lots de travaux : Chaque lot de travail devra tenir à jour un carnet de bord avec les détails de l'avancement, les tâches effectuées, les moyens mise en œuvre pour accomplir ses tâches. Ces carnets de bords devront pouvoir être compréhensibles par des membres extérieurs au projet. Il y aura donc par exemple un carnet de bord pour le montage de la voiture, un carnet de bords avec les tests des différents composants de la voiture et des carnets de bords logiciels avec les notes explicatifs du code avec les différents tests effectués.
- Présentation d'avancement à Eric Fenaux prévue début mars, dans laquelle nous prévoyons d'exposer l'avancement du projet, nos livrables matériels et notre simulation informatique.

11 Diagramme FAST

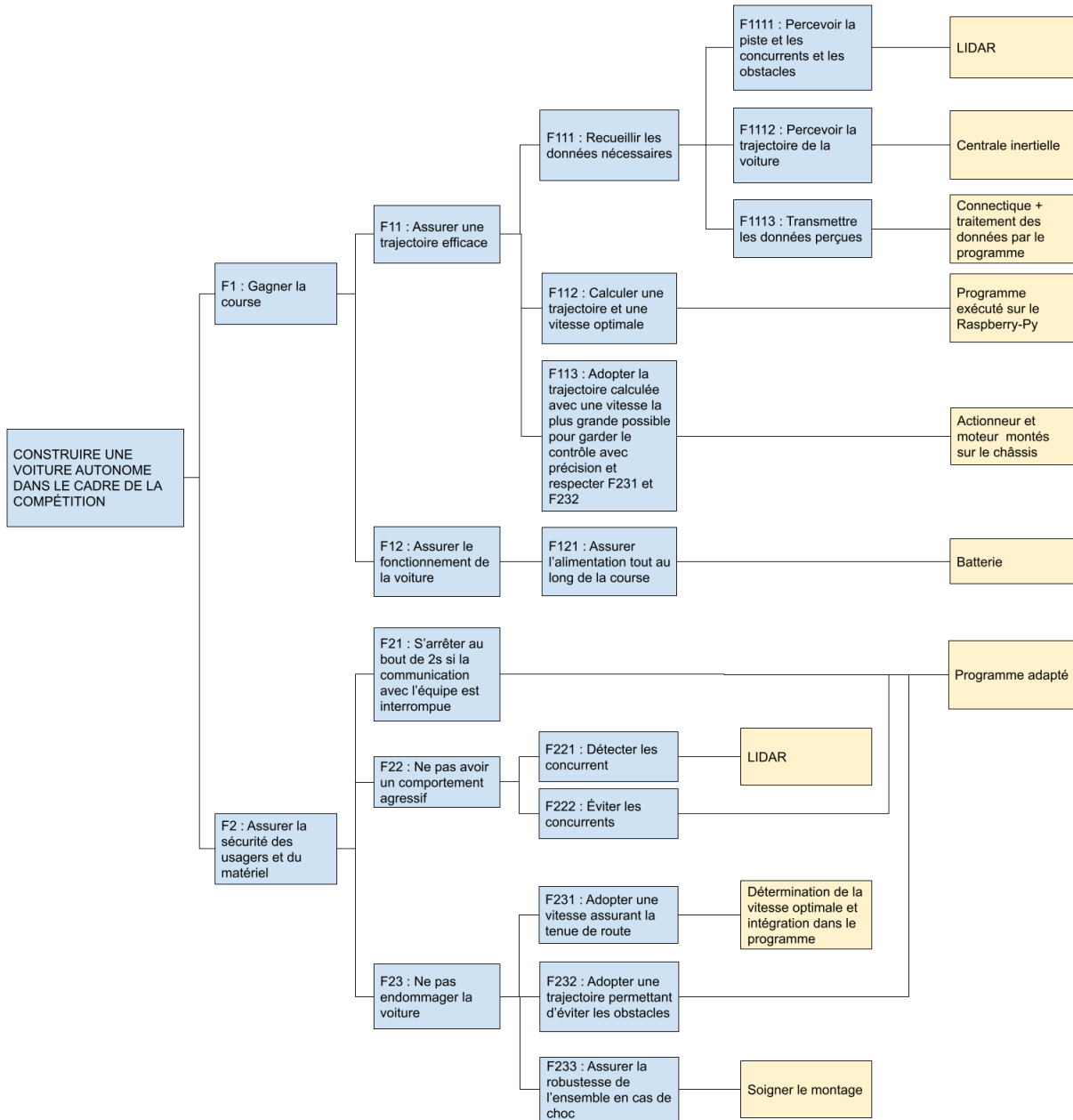


Figure 4 : Diagramme FAST de la voiture

12 Conclusion : avancement actuel et difficultés rencontrées

Pour ce qui est du pôle mécanique, nous avons préparé des commandes de matériel, reçu la voiture le 8 janvier, avons finalisé son montage conjointement avec l'équipe 1 et réalisé quelques tests unitaires de composants.

En ce qui concerne l'informatique, après une assez longue période de prise en main du code, nous avons réalisé début janvier que le programme que nous avions à disposition n'était pas la version finale du code de l'année dernière. Une grande partie du travail de compréhension se trouve donc, non pas inutile, mais assez improductive. Cet évènement ainsi que des discussions avec nos encadrants, nous ont permis de prendre un peu de recul sur notre appréhension et notre gestion du projet. Nous avons identifié les axes d'amélioration suivants :

- la communication dans l'équipe et avec les encadrants
- définir et exprimer plus clairement les objectifs
- appliquer davantage les principes de l'ingénierie système à notre projet
- prendre davantage de recul quant aux tâches à effectuer et aux ressources à notre disposition

Depuis, l'équipe informatique a pu identifier les forces et les faiblesses du code dont nous avons hérité, et commencé à l'améliorer aussi bien en termes de performances que d'ergonomie.

Tous ces éléments nous ont ralenti mais nous en tirons maintenant les enseignements. De plus, la préparation de ce rapport nous a permis de mieux verbaliser nos objectifs et notre organisation ce qui nous a permis d'avancer. Nous repartons désormais sur une base plus solide et une vision plus claire du projet.

Enfin Yassine, avec qui la communication était relativement difficile puisqu'il vivait à l'étranger, est finalement arrivé sur le campus à la mi-janvier. Ceci a grandement facilité son inclusion dans l'équipe.