

---

# PLAN DIRECTEUR PROJET : COMMANDE D'UN QUADRICOPTÈRE

---



## INTRODUCTION

---

Le GIPN souhaite fabriquer un quadricoptère afin de pouvoir surveiller des lieux sans mise en danger de la vie humaine ou pour avoir un point de vue aérien du lieu d'intervention. Le drone servira d'éclaireur. Pour cela, ils ont chargé l'INSA de Lyon de lui fabriquer un quadricoptère.

Au premier semestre scolaire de l'année 2012-2013, un groupe d'élève a défini et conçu la partie motrice (variateurs, moteurs, batteries et hélices). Notre groupe de PRT doit concevoir la commande de cette partie motrice (que nous avons finalement modifiée).

La commande est constituée de :

- La stabilisation : si l'opérateur ne donne aucun ordre, le quadricoptère doit se maintenir au même endroit, sans bouger,
- La prise en compte de l'instruction de l'opérateur venant du module RF,
- Le décollage,
- L'atterrissage.

Notre but final est la séquence de vol suivante : décollage, stabilisation, déplacement (dans les trois directions), atterrissage.

## SOMMAIRE

---

Introduction.....	2
Sommaire.....	3
I. Cahier des charges fonctionnelles.....	4
I.1. Approche Marché.....	4
I.2. Cible et positionnement visés.....	4
I.3. Analyse fonctionnelle externe.....	5
I.3.A. Bête à corne.....	5
I.3.B. Diagramme pieuvre.....	5
I.4. Analyse de la concurrence.....	7
I.5. Principes technologiques imposés.....	7
II. Démarche de développement.....	8
II. 1. Phasage.....	8
II.2. Choix de conception.....	9
II.3. Organigramme technique.....	10
II.4. Organigramme des tâches.....	11
III.Organisation.....	12
III.1. Planning Gantt.....	12
III.2. Jalons de fin de phase.....	13
III.3. Analyse préalable de risques.....	13
Conclusion.....	15

## I. CAHIER DES CHARGES FONCTIONNELLES

---

### I.1. APPROCHE MARCHÉ

---

Pour pouvoir évoluer dans tous les milieux (même les plus difficiles), le quadricoptère doit être facilement pilotable et comporter une commande facile à prendre en main. En conséquence, l'opérateur, par l'intermédiaire d'un joystick, choisira la vitesse (et non l'accélération, comme en modélisme) et la direction du drone. Cela nécessite une commande en vitesse et une stabilisation.

Donc les performances visées sont : déplacement dans les trois directions, commande en vitesse et stabilisation.

Dans un second temps, cette commande doit être relativement faible consommatrice d'énergie afin d'assurer une longue durée de vol. La commande doit aussi être conçue de manière à pouvoir ajouter d'autres fonctionnalités par les repreneurs de notre projet dans le futur.

### I.2. CIBLE ET POSITIONNEMENT VISÉS

---

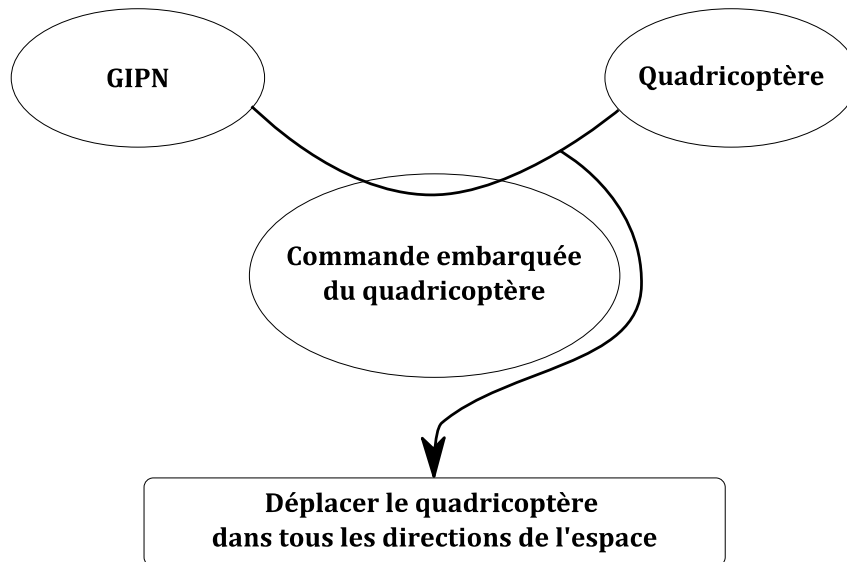
Le GIPN étant l'initiateur de l'idée du projet, il constitue notre unique client pour l'instant. Notre tâche principale est donc de réaliser les exigences du GIPN. Dans le futur, on peut imaginer que le drone avec notre commande puisse être vendu par le GIPN à des pays étrangers (comme pour les rafales).

Une autre cible potentielle peut être le grand public. Le quadricoptère peut être considéré comme un jouet pour grand enfant. Même si le drone devra alors être modifié (protection des pâles, support plus robuste, ...), notre commande pourra rester identique.

On souhaite positionner notre produit au niveau du prix (composant à faible coût mais robuste) et au niveau de la facilité de pilotage : en une simple formation d'une ou deux heures, un agent du GIPN doit pouvoir contrôler intégralement le drone. Cela nécessite une prise en main facile et rapide.

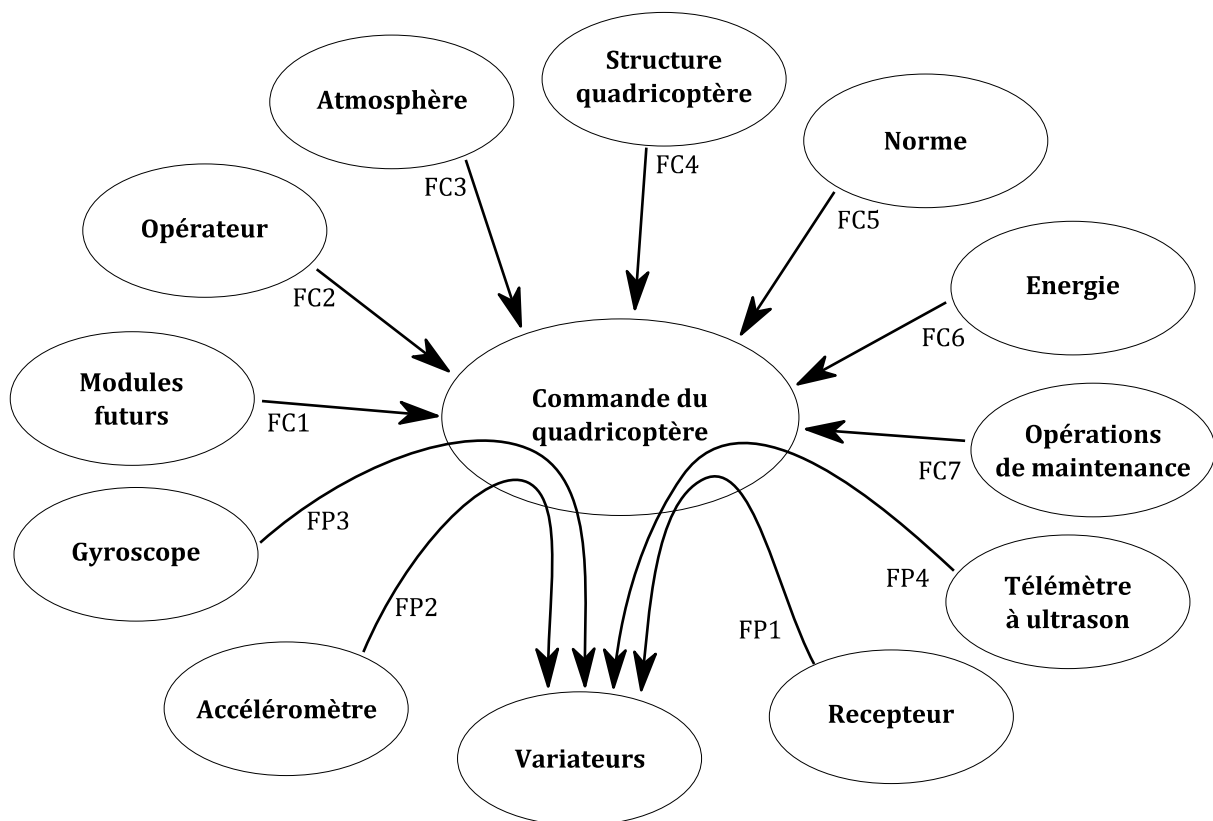
## I.3. ANALYSE FONCTIONNELLE EXTERNE

### I.3.A. BÊTE À CORNE



Le GIPN utilise la commande embarquée du quadricoptère afin de le déplacer dans toutes les directions de l'espace.

### I.3.B. DIAGRAMME PIEUVRE



## Commande d'un quadricoptère

Nom	But de la fonction	Critère d'appréciation	Niveau à atteindre	Flexibilité
FP1	Adapter les signaux du récepteur	Signaux de commande des variateurs corrélés avec le signal en sortie du récepteur	100 %	15%
FP2	Détecter le mouvement du drone dans l'espace	Erreur entre vitesse réelle et vitesse mesurée inférieure à 5%	100%	10%
FP3	Détecter la stabilité du drone dans le plan horizontal	Oscillations de moins de 3°	100%	20%
FP4	Maintenir une hauteur de vol souhaitée	Erreur de hauteur par rapport à la consigne	10%	20%
FC1	Prévoir l'ajout futur de modules	Communication possible avec tous les types de modules	80%	15%
		Mémoire programme restante pour le codage de ces modules	50%	15%
		Nombre de pins disponibles après le câblage de la commande	25	15%
FC2	Mettre en marche/arrêt	La commande s'allume/s'éteint	100%	0%
FC3	Ne pas subir les conditions atmosphériques	Quelque soit le temps, la commande fonctionne.	80 %	10%
FC4	S'intégrer sur la structure du quadricoptère	La masse de la commande est 2 fois moins importante que celle de la structure	100%	15%
		Les dimensions de la commande permettent que celle-ci tiennent sur le socle centrale du quadricoptère	75%	10%
FC5	Respecter les normes	Toutes les normes* doivent être respectées	100%	0%
FC6	Ne pas consommer une trop grande énergie	La consommation de la commande permet de voler 30 min sans rechargement	100%	25%
FC7	Maintenir la commande en fonctionnement dans le temps	Tous les composants peuvent être remplacés	80%	10%

\* : Normes à respecter :

- Norme RF : Il ne faut pas émettre sur les bandes de fréquence réservées à l'armée.

- Norme de pilotage : Il faut détenir un brevet de pilotage pour le modélisme ou un brevet d'ULM pour le piloter.
- Norme de conception : Il existe quatre niveaux de spécifications :
  - S1 : Vol avec visibilité du drone à moins de 150m dans un environnement extérieur. Poids maximum 4kg.
  - S2 : Vol avec visibilité dans un environnement urbain à moins de 100m. Poids maximum 2kg.
  - S3 : Vol avec invisibilité partiel (passage derrière un obstacle). Poids maximum de 2kg et accélération limitée à 1g.
  - S4 : Vol avec invisibilité du drone. Poids maximum de 2kg et accélération limitée à 1g. Détecteurs d'évitement d'obstacle et caméra pour visionner obligatoire.

---

### I.4. ANALYSE DE LA CONCURRENCE

---

La concurrence est difficile à identifier. De nombreux groupes de personnes commencent à fabriquer leur propre quadricoptère. Mais ce ne sont pas des concurrents à proprement parler (aucune vente prévue).

Les fabricants de pièce pour le modélisme proposent des produits de commande de quadricoptère. Mais l'intelligence embarquée est très faible. C'est à l'utilisateur de gérer correctement les commandes et de prendre en compte l'environnement pour stabiliser le drone en vol.

Certaines armées étrangères cherchent à produire des drones avec les mêmes objectifs que nous, contrairement à l'utilisateur du grand public. Ce sont nos vrais concurrents, mais il est difficile de connaître leur projet (dû au secret militaire).

---

### I.5. PRINCIPES TECHNOLOGIQUES IMPOSÉS

---

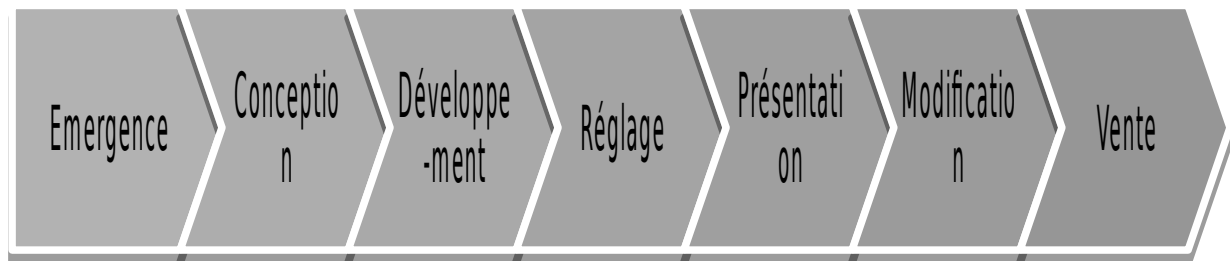
Les principes technologiques imposés étaient la communication avec la partie motrice déjà réalisée. Notre commande doit être adaptée à cette partie motrice (signal PWM à envoyer sur les variateurs et puissance nécessaire), même si nous avons choisi de la modifier pour repartir sur un modèle plus standard. Nous avons donc gardé les principes technologiques du groupe précédent.

## II. DÉMARCHE DE DÉVELOPPEMENT

---

### II. 1. PHASAGE

---



Le projet global (fabrication d'un quadricoptère) a commencé il y a 6 mois, suite à la proposition du GIPN. Face aux sujets de PRT, l'idée de travailler pour le GIPN et surtout sur la commande d'un drone nous a semblée être une bonne opportunité.

La conception de la commande consistera à tester les composants imposés, à valider les nouveaux composants et principalement leur comptabilité entre eux. Nous validerons la fin de cette phase avec les tests suivants :

- les pâles tournent à vitesse constante (connaître les signaux d'entrées des variateurs),
- le microcontrôleur reçoit les informations du gyroscope, des accéléromètres, du télémètre à ultrason et du module RF,
- Les moteurs tournent avec la batterie pour alimentation.

Une fois ces tests faits, nous passerons en phase de développement. Il consistera à l'écriture du code. Pour la validation, nous procéderons par étape : validation une à une des fonctions puis validation du code. Ceci mettra fin à la phase de développement.

La phase de réglage permettra de tester le système entier (avec connexion des autres composants). Il permettra d'ajuster quelques points de programmation et de modifier les réglages. Cette phase se clôturera par la réussite de notre objectif : Le quadricoptère décolle, se stabilise en l'air, se déplace et atterrit.

Notre projet sera ensuite présenté au client (GIPN ou coordinateur du projet pour le GIPN). Suite aux remarques, nous passerons dans la phase de modifications. Ces deux phases pourront se répéter plusieurs fois si nécessaire ou ne pas exister (si le système est satisfaisant dès la sortie de la phase de réglage).

Notre projet sera ensuite vendu au GIPN. En d'autres termes, nous recevrons la fin du paiement du projet par le GIPN. Les dates de paiement seront négociées avec le client.

Remarque : Si dans l'avenir, nous souhaitons adapter notre système pour une commercialisation, cela constituera un autre projet avec un nouveau phasage.



## II.2. CHOIX DE CONCEPTION

---

Nous avons à choisir 8 composants :

- Batterie
- Gyroscope
- Pâles
- Microcontrôleur
- Accéléromètre
- Télémètre à ultrason
- Nouvelle structure
- Module RF

Nous devons choisir une batterie qui va supporter des grandes variations de courant. Il existe trois types de technologies : NiCd (Nickel Cadmium), NiMH (Nickel Metal Hybrid) et LiPo (Lithium Polymère). L'avantage de ces batteries est qu'elles peuvent débiter un courant très important sur des faibles périodes qui correspondraient à des phases d'accélération. Nous allons nous pencher vers un accumulateur NiMH qui est le meilleur compromis prix/performance. Pour ce stade du projet, nous n'avons pas besoin de beaucoup de puissance par rapport à celle qu'il faudra à la fin du projet. C'est pourquoi nous en choisirons une qui sera minimale.

Les gyroscopes que nous devons choisir sont des gyroscopes 2 axes : ils détectent les variations angulaires autour de deux axes. Cela nous permettra de stabiliser le drone suivant tous les déplacements qu'il fera. Les accéléromètres seront utilisés seulement pour éviter que le drone se scratche. Si le drone est stable et que il n'y a plus de commande, il faut un moyen de détecter la chute. C'est ce qui est utilisé dans les manettes de la Nintendo Wii.

Nous avons du changer une paire de pâle. Le groupe précédent faisait tourner chacun des moteurs dans le même sens mais ils se sont rendu compte que le drone avait tendance à tourner sur lui-même plutôt que de se stabiliser car ils avaient des hélices qui avaient des pâles du même coté. C'est pourquoi nous avons choisi de faire tourner les moteurs par paire dans des sens de rotations différents en changeant l'orientation des pâles : deux moteurs qui tournent à droite avec pâles à droite et deux à gauche avec pâles à gauche.

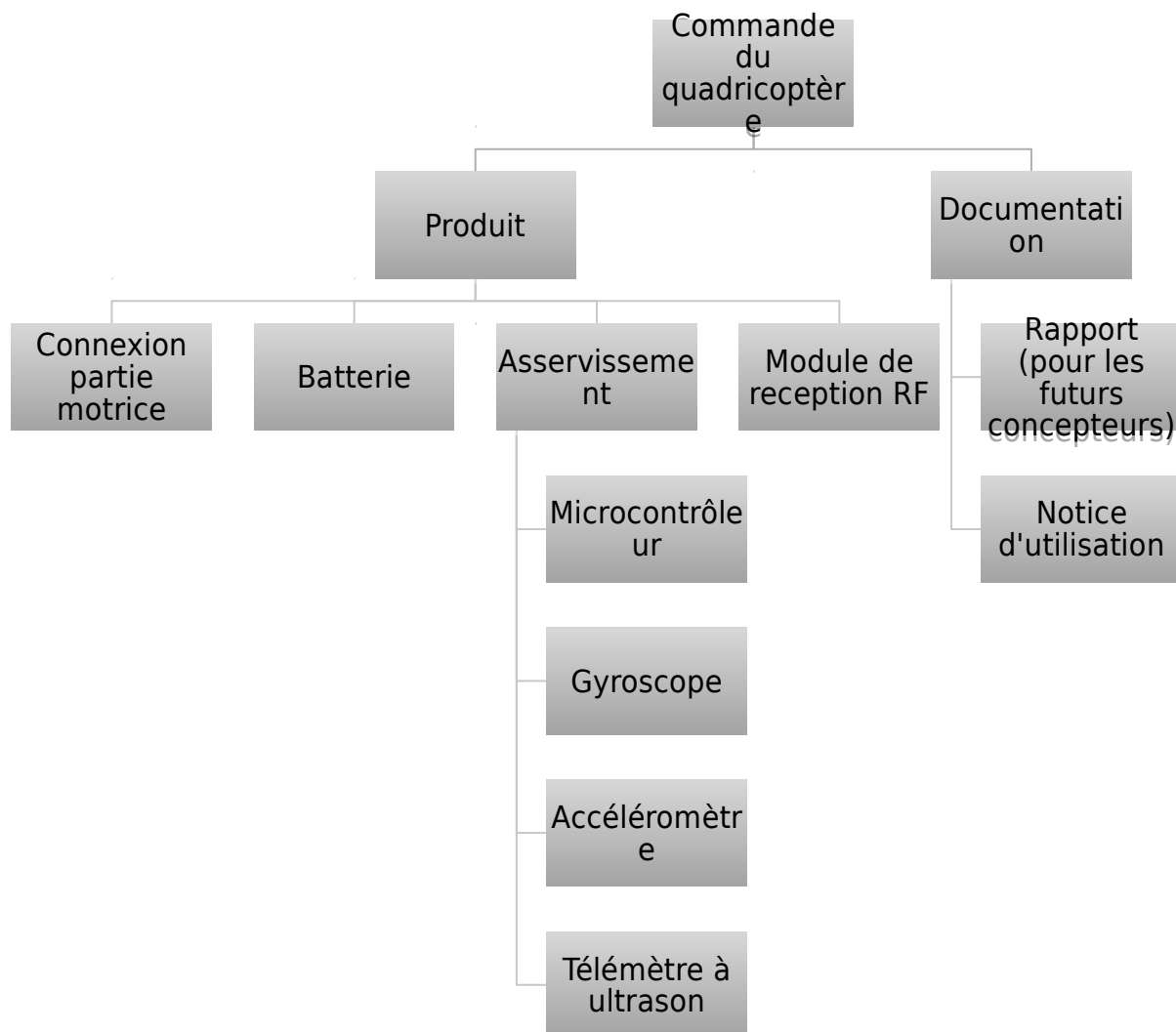
Nous devons choisir un microcontrôleur qui va permettre une grande souplesse d'évolution. Les intervenants du GIPN souhaitent un drone avec beaucoup de fonctions et de modules comme une caméra ou encore un système de géo localisation. Il faut donc choisir un microcontrôleur puissant avec une grande mémoire, une grande capacité à traiter les informations et surtout le sur dimensionner. Nous avons choisi un microcontrôleur qui permet de rajouter de nombreux modules supplémentaires. Ils permettent une grande adaptabilité à la demande future du GIPN.

Afin de détecter la hauteur de vol du quadricoptère, il fallait que l'on choisisse un capteur de hauteur. Nous avons le choix entre un capteur laser (prix très élevé), un capteur infra-rouge (prix assez élevé) et un télémètre à ultrason. C'est pourquoi nous avons choisi cette dernière solution. Il fonctionne sur le principe d'un sonar donc permet d'être compatible avec notre utilisation.

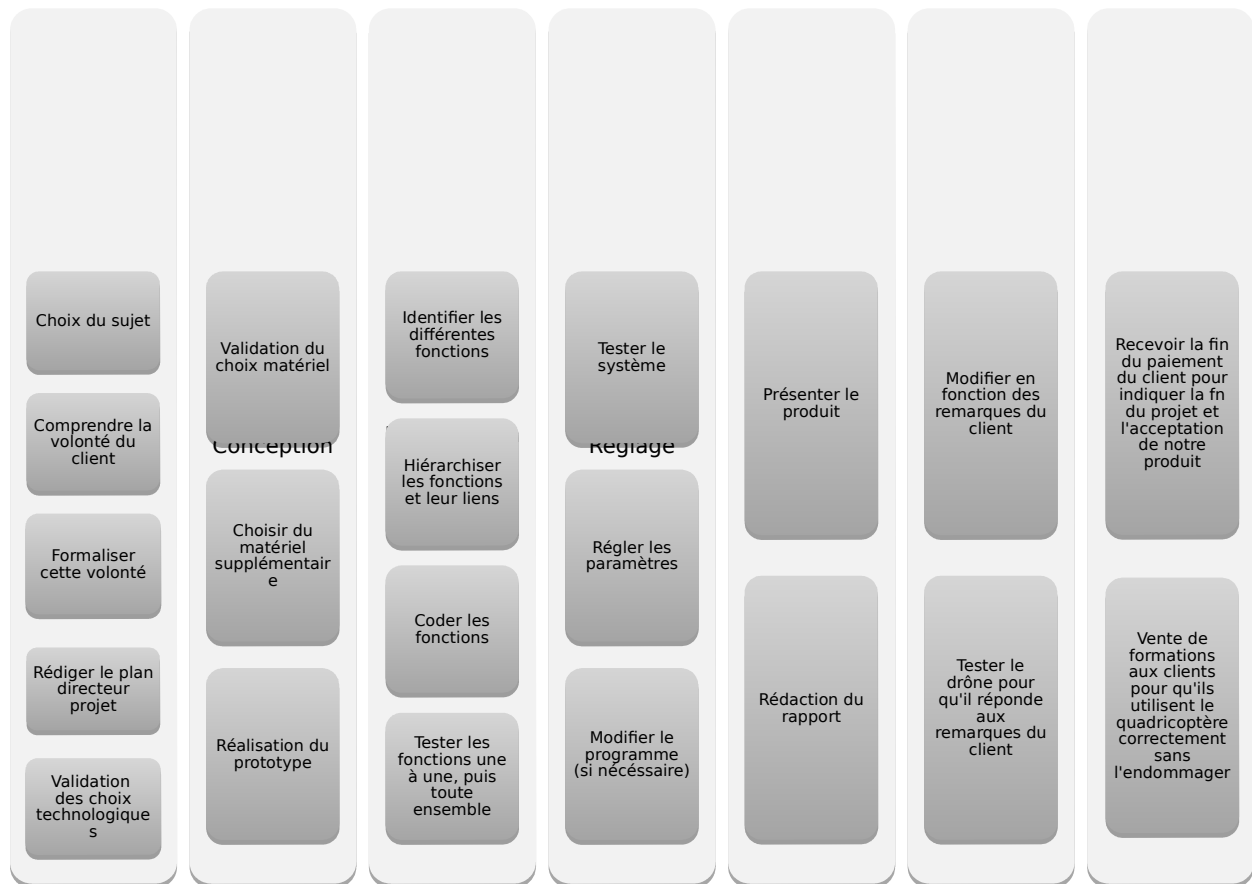
En s'inspirant du travail du groupe précédent, nous avons recommandé une structure comprenant un socle très solide avec 4 moteurs, 4 variateurs, les fixations pour les hélices et tout le système permettant de fixer au socle. Nous avons fait ce choix pour s'affranchir des problèmes mécaniques (vibrations, mauvaises fixations, ...).

Pour pouvoir le commander à distance, nous avons besoin d'un récepteur radio fréquence. Pour choisir le type de communication et ensuite le module RF, nous nous sommes essentiellement basés sur le critère de distance de réception et la possibilité de passer à une communication cryptée.

### II.3. ORGANIGRAMME TECHNIQUE



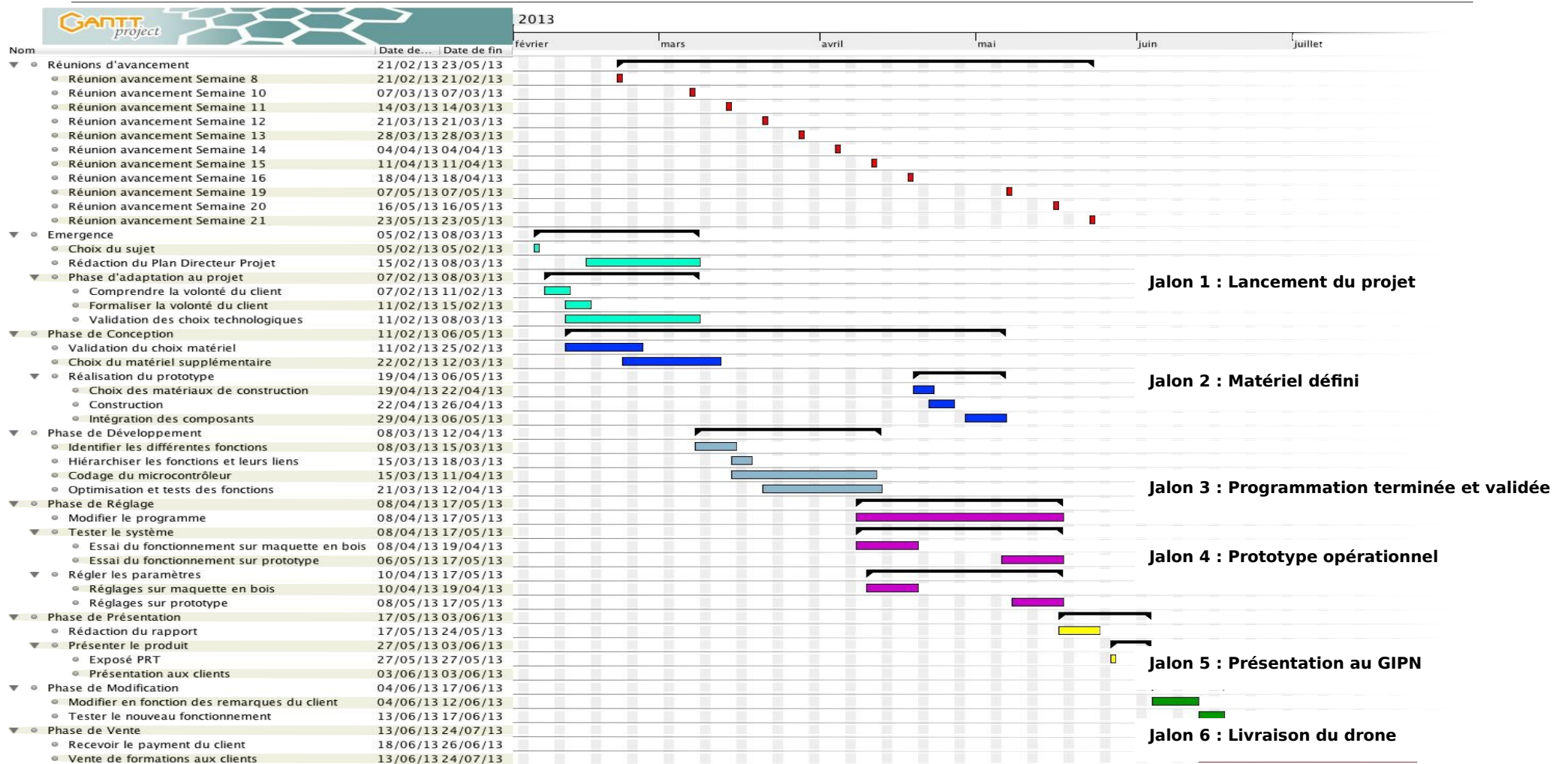
## II.4. ORGANIGRAMME DES TÂCHES



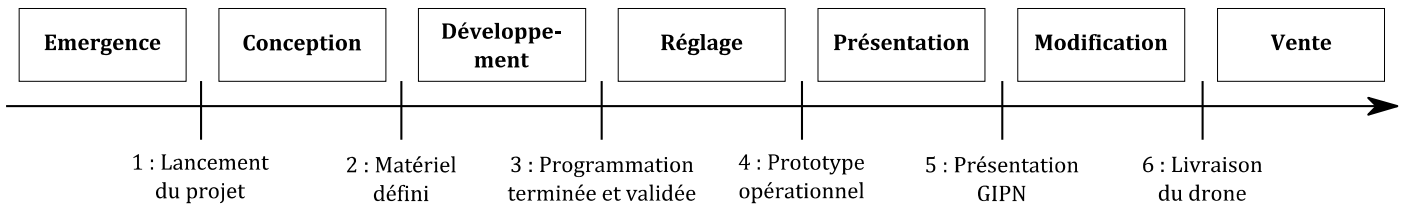
### III.ORGANISATION

---

### III.1. PLANNING GANTT



### III.2. JALONS DE FIN DE PHASE



### III.3. ANALYSE PRÉALABLE DE RISQUES

N°	Défaillance potentielle	Occurrence	Gravité	Priorité	Action de prévention	Responsable	Délai
Phase 1 : Emergence					Juridique		
1	Sortie d'un brevet	3	3	9	Déposer un brevet	Service juridique Insa	1 semaine
					Suivi		
2	Incompréhension de la volonté du client	5	15	75	Rédiger un DSF (description spécifications technologiques)	A.VERY Y.BRILLIER	1 semaine
3	Mauvaise organisation du projet	3	5	15	Rédiger un PDP (Plan Directeur Projet)	A.VERY Y.BRILLIER	1 semaine
					Technique		
4	Choix technologiques incompatibles	5	5	25	Trouver des solutions sur les drones existants	Y.BRILLIER	0,5 jour
Phase 2 : Conception					Technique		
5	Matériel choisi précédemment ne fonctionne pas	3	15	45	Test du matériel en début de projet	A.VERY	1 jour
6	Matériel supplémentaire incompatible	5	3	15	Anticiper le choix du matériel à venir	Y.BRILLIER	1 jour
7	Matériaux du prototype cassé	5	15	75	Matériaux solides	A.VERY	0,5 jour
					Financier		
8	Mauvaise conception	3	5	15	changement de composant	Y.BRILLIER	1 heure
Phase 3 : Développement					Technique		
9	Programmation difficile	15	5	75	Simplifier les fonctions	A.VERY	1 semaine
Phase 4 : Réglage					Sécurité		
10	Doigt coincé dans une pale	3	5	15	Fabriquer un banc de test	Y.BRILLIER	1 jour
					Technique		

11	Système inefficace	5	5	25	Prérégler les paramètres	A.VERY Y.BRILLIE R	3 jours
12	Programme défaillant	15	15	22 5	Débugger le programme	A.VERY Y.BRILLIE R	5 jours
Phase 5 : Présentation					Suivi		
13	Non respect du DSF	3	5	15	Rédaction d'un cahier de modifications	A.VERY Y.BRILLIE R	2 jours
14	Utilisation difficile	3	3	9	Rédaction d'une notice d'utilisation détaillée	A.VERY Y.BRILLIE R	1 semaine
Phase 6 : Modifications					Technique		
15	Changement du cahier des charges	15	5	75	Présentation d'améliorations	A.VERY Y.BRILLIE R	3 semaines

## CONCLUSION

Au niveau de la technique et du cahier des charges, nous allons construire la commande d'un quadricoptère qui nous semble réalisable, puisqu'elle a déjà été faite par les armées de certains pays. Le problème vient du peu d'informations de ces concurrents. Cela reste donc un défi technique.

Au niveau du développement, nous avons choisi de nous organiser avec une programmation par étape technique. La difficulté vient de la durée du projet face aux nombres importants de phases et de leur contenu.

Au niveau de l'organisation, nous avons un planning serré. Mais ce document relève surtout les risques majeurs de notre projet qui sont ceux qui touchent au planning. Nous avons un temps limité et court. Il ne faut donc pas qu'un membre de notre équipe est un empêchement sur une longue durée.

En conclusion, nous faisons un projet pour un client déjà défini, ce qui créera moins de problèmes au niveau du marché et de la concurrence. Ce projet n'en reste pas moins un défi au niveau technique et gestion de projet puisque sa courte durée impose une cadence d'avancées techniques rapides et l'obligation pour nous de ne pas être indisponible plus de quelques jours.