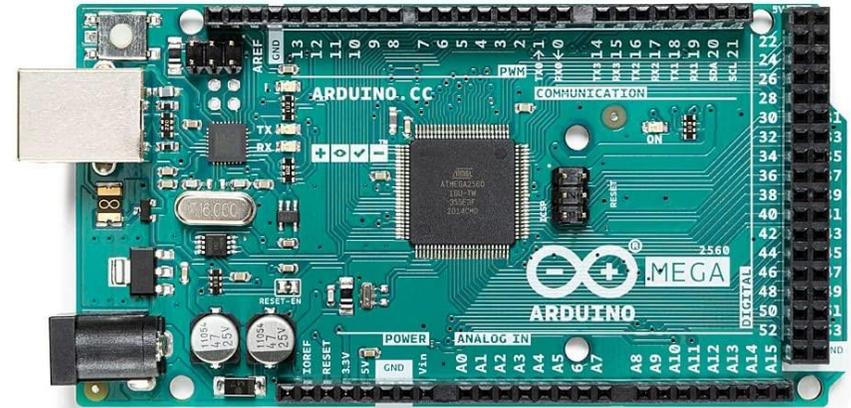
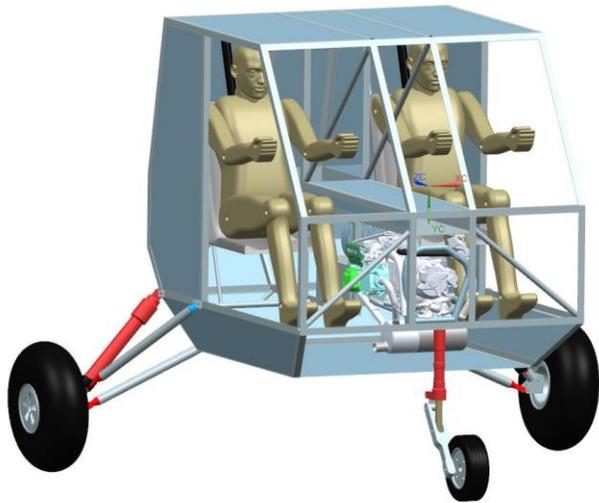


# Projet Mini-Bee ESTACA 4A

## Prototypage du FCU



AILLOT Paul – ASMAR Thomas – BLANC Kevin – QUINTIN Elliot

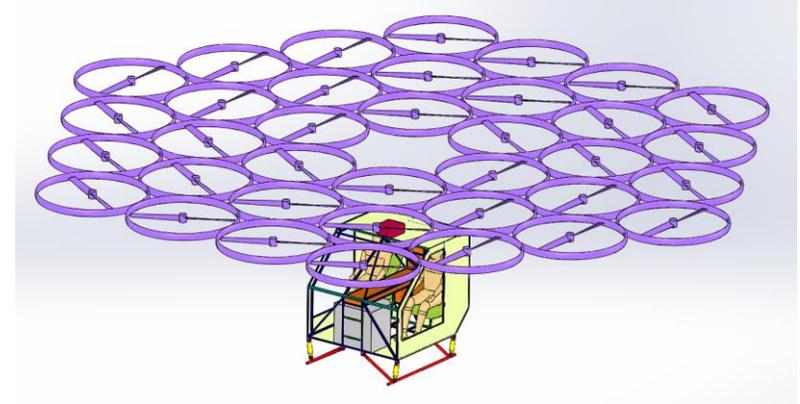
# Sommaire

- Contexte du projet et liens avec les autres écoles
- Organisation du projet (objectifs, Gantt, planning)
- Développement technique
- Orientations

# Contexte du projet collaboratif Mini-Bee

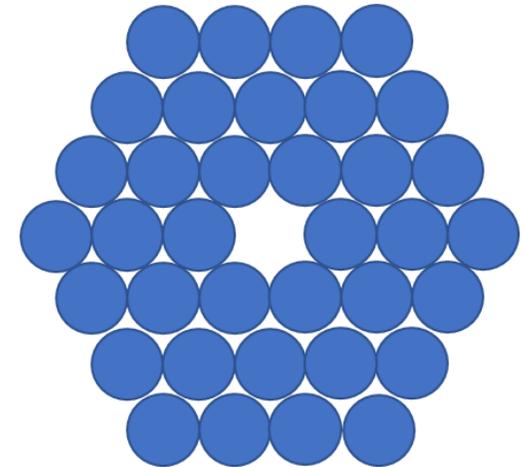
## Caractéristiques

- VTOL initialement piloté visant à être autonome
- 2 PAX dont un pilote
- Solution hybride : moteur à piston Rotax 915is alimentant un moteur T-Motor U12KV120 (ou U13)
- 36 rotors
- Facilement démontable (peut se ranger dans une soute d'avion)
- Coûts modérés
- Vocation d'évacuation sanitaire légère



## Compétences voulues

- Vitesse de croisière : 170 km/h
- Distance franchissable : 600 km
- Masse maximale au décollage : 700 kg



# Liens avec les autres écoles

## Logique Fournisseur (Entrée)



## Logique Client (Sortie du projet)

-  ISPEB ESTACA : Partie énergétique (compatibilité)
-  ESTACA 3A SQY Loi de contrôle par mission
-  Centrale-Supélec : modélisation moteurs
-  ESIGELEC : électricité



**ESTACA 4 SQY: Prototypage  
FCU basique**



Centrale Lille: Prototypage  
FCU basique



Cy tech : Codage et  
composant électronique  
certifié critique du FCU

Projet collaboratif Mini-Bee réalisé selon la Lesser Open Bee License 1.3

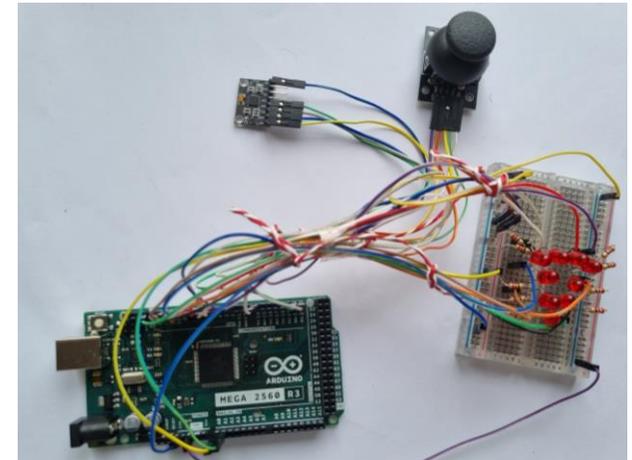
**Notre projet de définition du FCU sera repris par Cy-tech pour réaliser  
un prototype avec des composants certifiés critiques.**

# Objectifs pour le projet « Prototypage FCU »

- **Semestre 1 : choix du composant pour le prototype**
  - 1 – Définition du projet et du cahier des charges
  - 2 – Etat de l'art des VTOL, compréhension du fonctionnement d'un drone
  - 3 – Définition des instruments de vol nécessaires
  - 4 – Trouver et contacter un ou des fournisseur(s)

→ Choix Arduino

- **Semestre 2 : Prototypage d'un FCU simplifié**
  - 5 – Fabrication ou achat des instruments de vol sélectionnés
  - 6 – Montage et premiers tests sur un prototype
  - 7 – Lien avec le système existant



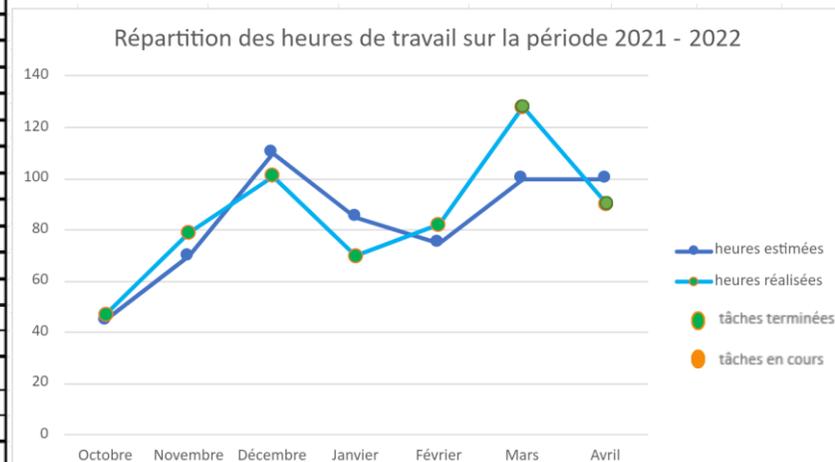
# Diagramme de GANTT



**Le projet s'est bien déroulé dans les temps, le planning envisagé est respecté. Toutefois, nous n'avons pas pu tout finaliser étant donné que nous sommes partis sur un prototype simplifié.**

# Suivi des heures

Mois	Liste des tâches	heures estimées	heures réalisées
Octobre	Définition du projet	10	12
	Définition du cahier des charges	15	15
	Etat de l'art des drones VTOL	20	20
Novembre	Compréhension du fonctionnement général d'un drone	5	7
	Compréhension du fonctionnement des mouvements d'un drone	10	10
	Compréhension du fonctionnement des systèmes embarqués d'un drone	40	45
	Définition des instruments de vol nécessaires au contrôle des rotors	15	17
Décembre	Définition des instruments de vol nécessaires au contrôle de la mécanique du vol	30	28
	Trouver un ou des fournisseur(s) fiable(s)	10	8
	Rédaction des livrables S1	40	40
	Préparation de la soutenance S1	30	25
Janvier	Etat de l'art des moyens de contrôle de LEDs	35	32
	Trouver un ou des fournisseur(s) fiable(s)	10	8
	Ecriture du code en fonction du fournisseur	40	30
Février	Achat des premiers composants nécessaires aux essais sur LEDs / Servos Moteurs	20	20
	Montage des composants	20	24
	Premiers tests effectués	35	38
Mars	Correction des problèmes survenus lors des tests	40	47
	Cahier des charges pour Cy Tech	30	48
	Validation du système	30	33
Avril	Rédaction du rapport S2	20	26
	Mise en place d'un système se rapprochant du système final	30	0
	Préparation de la soutenance S2	30	37
	Rendus finaux	20	27
	<b>TOTAL</b>	<b>585</b>	<b>597</b>



**Les premières tâches ont mis légèrement plus de temps que prévu mais nous avons été très efficaces ces derniers mois.**

## Tableau de suivi des coordonnées

Organisme	Domaine	Nom Prénom	Contact	Date de début de contact
Siera	Modélisme	Xavier FARBOS DE LUZAN	Adresse e-mail	Novembre 2021
Kanardia France	Composants	Pierre Pallier	Numéro de téléphone	Novembre 2021
PixHawk	Composants		Forum de discussions	Décembre 2021
Professeurs ESTACA	Essais Arduino			Décembre 2021
Cytech	Discussion FCU	Etienne Coulmeau	Adresse e-mail	Janvier 2022
Centrale Lille	Discussion FCU	Arnaud Leloir	Adresse e-mail	Janvier 2022

**Ces contacts nous ont permis de progresser dans la connaissance des composants pour drones.**

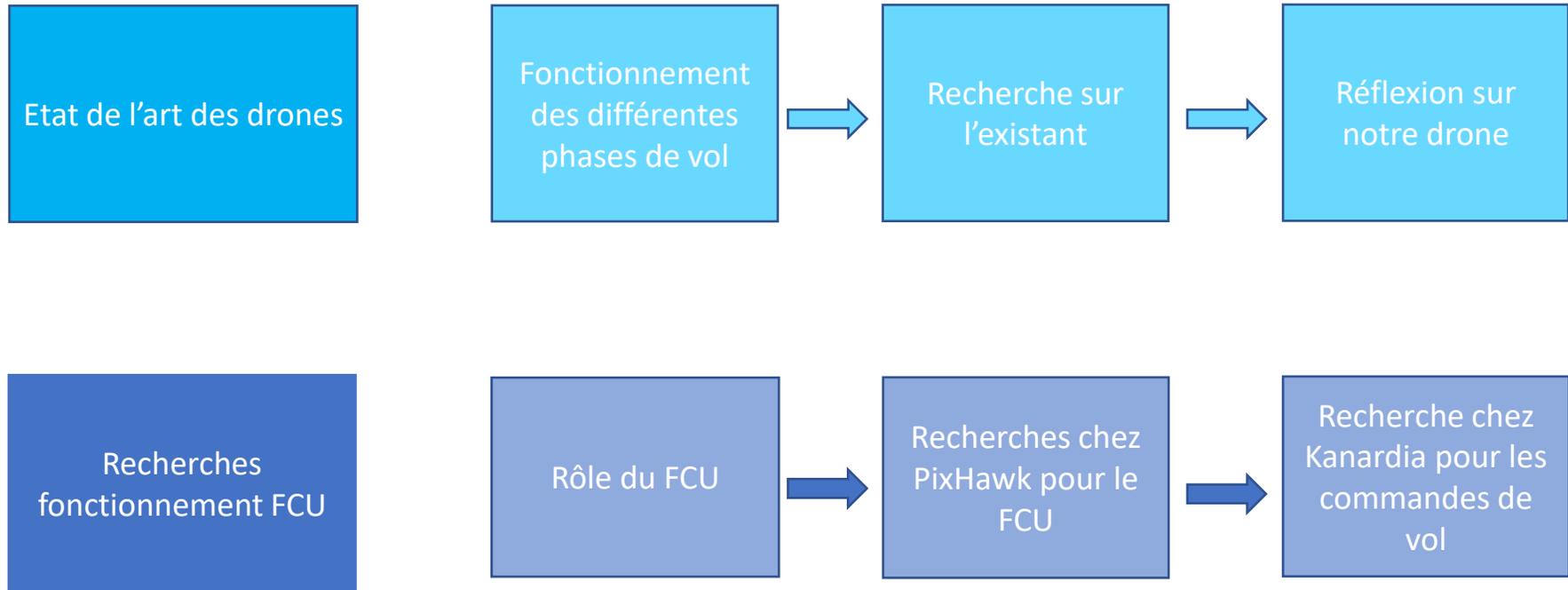
## Semestre 1 : Recherche sur les composants

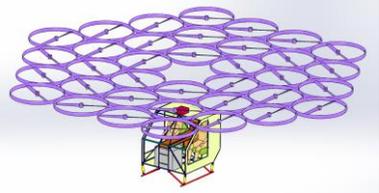
- Rôle du FCU dans un drone VTOL
- Recherches chez Pixhawk (FCU)
- Recherches chez Kanardia (commandes de vol, informations moteurs)

## Semestre 2 : Prototypage avec Arduino

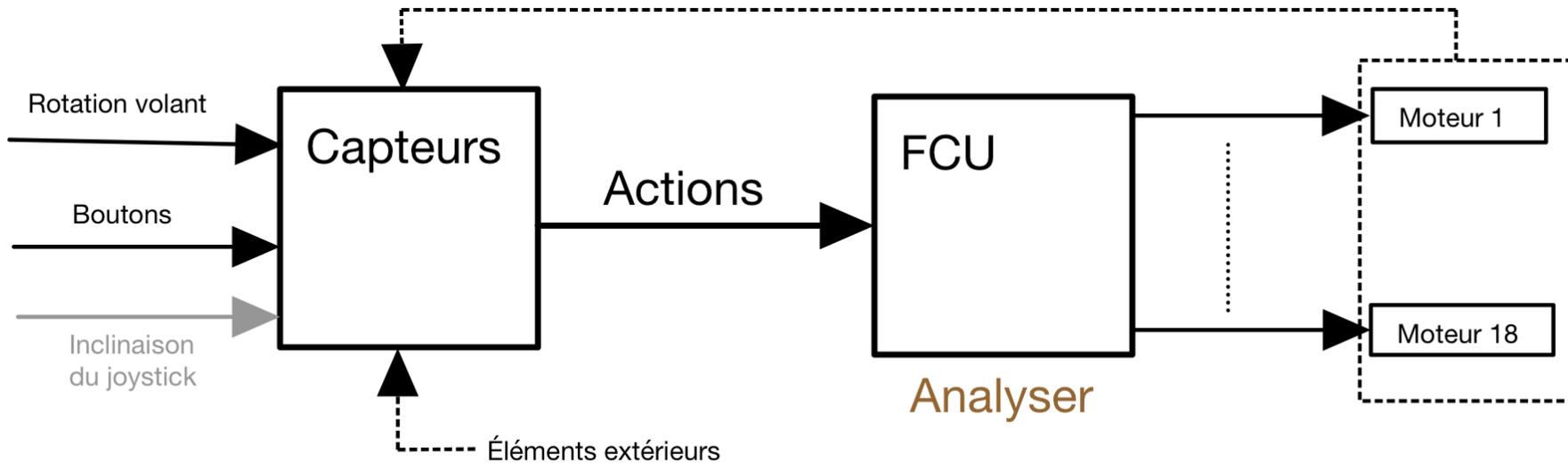
- Nouveau point de départ : FCU pour 36 rotors
  - Recherches sur Arduino pour allumer des LEDs à différentes luminosités
  - Réalisation du prototype simplifié sous Arduino

# Semestre 1 – Découpage des tâches



Fonctionnement des drones	Exemples existants	Notre drone																																																								
<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;"><u>Throttle control</u></td> <td colspan="2" style="text-align: center;"><u>Pitch control</u></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Move down</td> <td></td> <td>Move up</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Move forward</td> <td>Move backward</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;"><u>Roll control</u></td> <td colspan="2" style="text-align: center;"><u>Yaw control</u></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Bend left</td> <td></td> <td>Bend Right</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Rotate left</td> <td>Rotate right</td> </tr> </table> <p> Normal Speed  High Speed</p>	<u>Throttle control</u>		<u>Pitch control</u>										Move down		Move up												Move forward	Move backward	<u>Roll control</u>		<u>Yaw control</u>										Bend left		Bend Right												Rotate left	Rotate right	<p>➤ Volocopter :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 18 rotors, 2 places</li> </ul>  <p>➤ Lilium Jet</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 5 places</li> </ul> 	<p>➤ Mini-Bee</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 36 rotors, 2 places</li> </ul>  <p><b>Très différents de tous les autres systèmes présents sur le marché.</b></p>
<u>Throttle control</u>		<u>Pitch control</u>																																																								
																																																										
																																																										
Move down		Move up																																																								
																																																										
																																																										
		Move forward	Move backward																																																							
<u>Roll control</u>		<u>Yaw control</u>																																																								
																																																										
																																																										
Bend left		Bend Right																																																								
																																																										
																																																										
		Rotate left	Rotate right																																																							

## Fonctionnement et rôle du FCU



**Le FCU utilise les informations reçues des capteurs et commandes pour donner des ordres aux moteurs.**

## Kanardia

- Commande de vols
  - Joystick Joyu

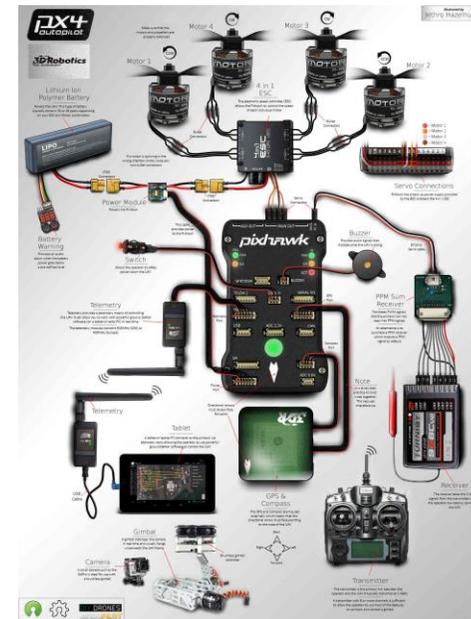


- Informations
  - De vol → Combo Indicator
  - Moteurs → EMSIS

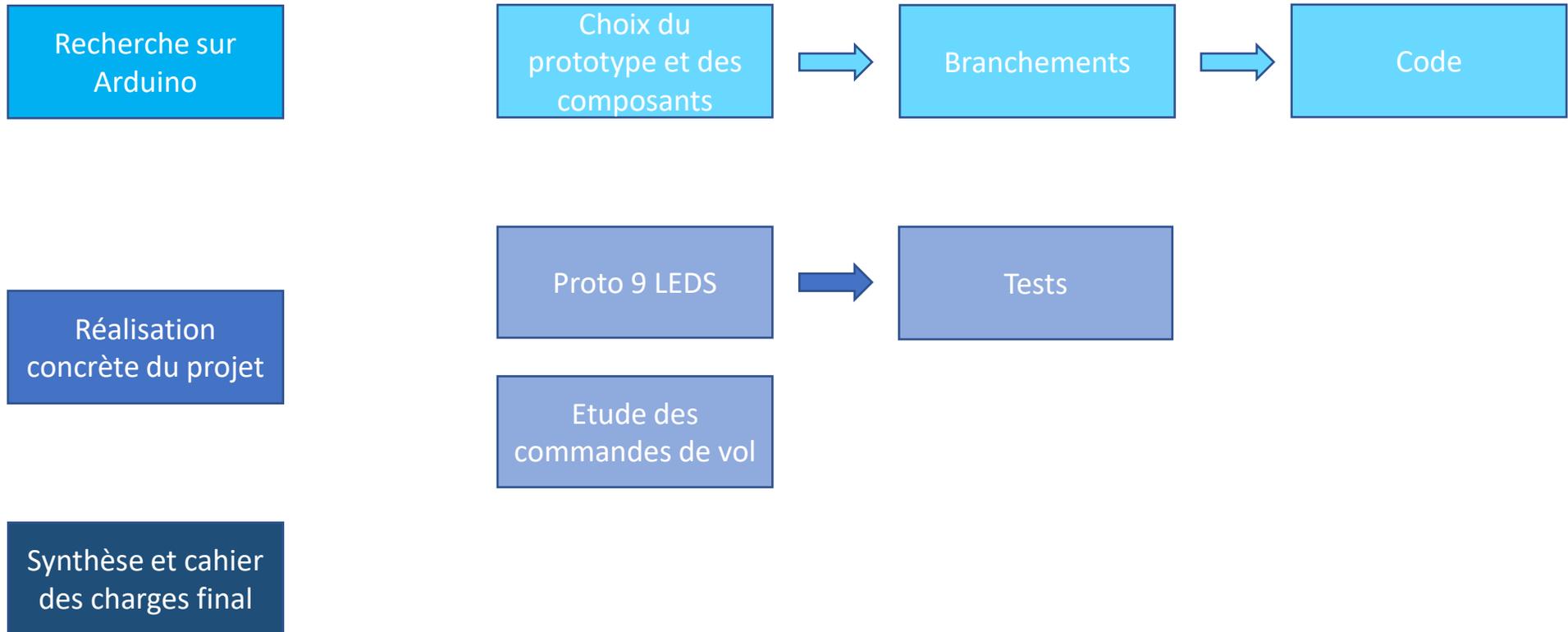


## PixHawk

- FCU contrôlant plusieurs rotors



# Semestre 2 – Découpage des tâches



# Semestre 2 – Choix du prototype et des composants

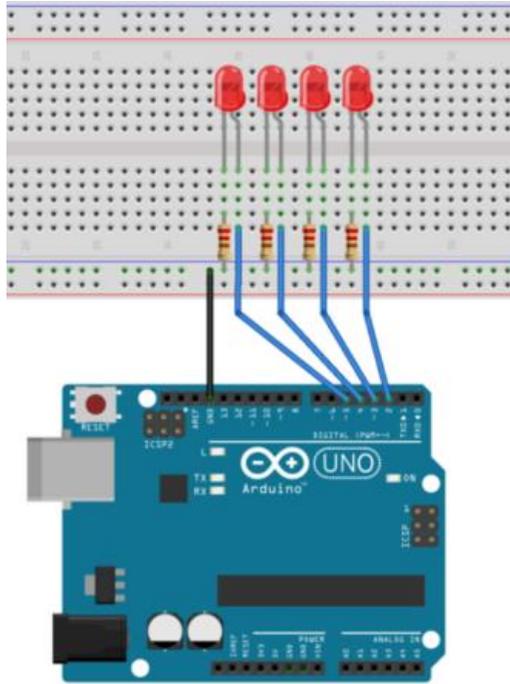
- Prototype simplifié sous Arduino : variation d'intensité de LEDs simulant des rotors (vitesse rotative)
- Carte principale : Arduino MEGA : utilisation de plusieurs sorties PWM (gérant l'intensité des LEDs linéairement)

- 1 gyroscope : MPU 6050

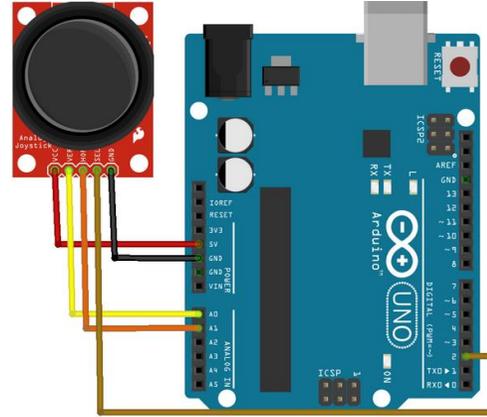


- 1 joystick

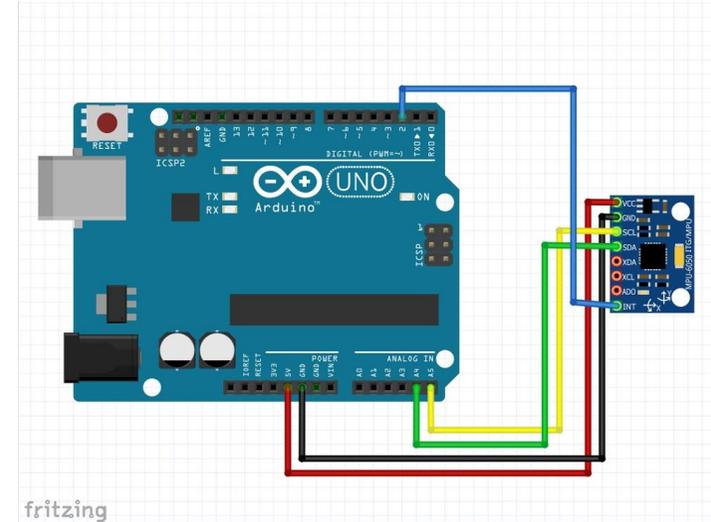




Branchement des LEDs

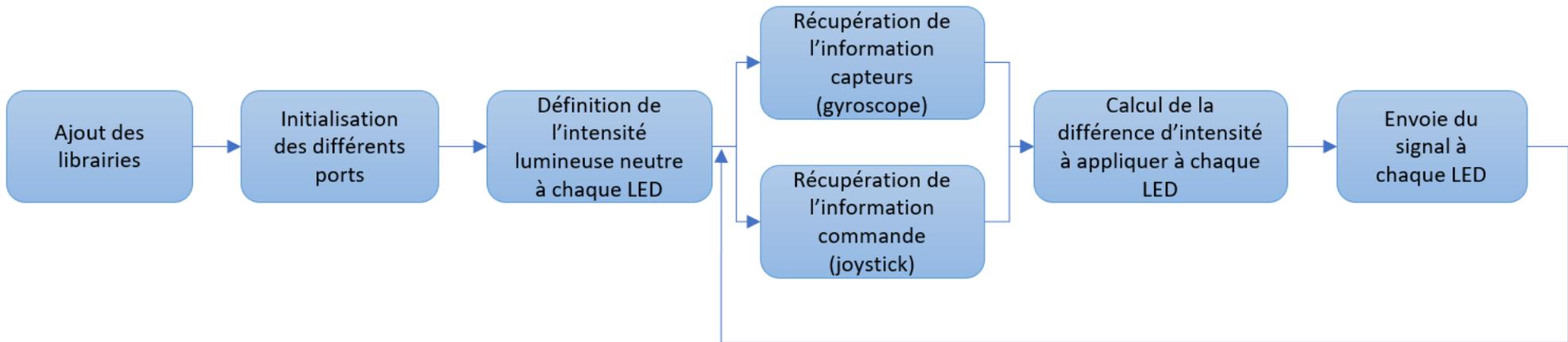


Branchement du joystick



Branchement du gyroscope

## Code réalisé sur Arduino : Schéma global :



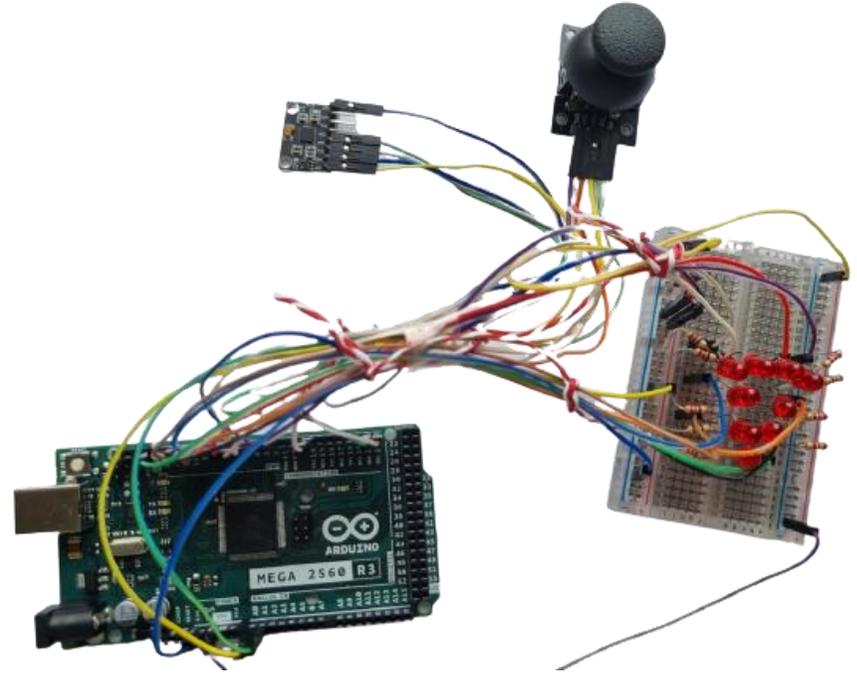
## Exemple du gyroscope :

- Gyroscope → vitesses angulaires → valeurs des différents angles (roulis et tangage)
- Augmentation / diminution intensité LEDs en fonction de coefficients selon leur placement

Différents codes réalisés :

- Gyroscope seul
- Joystick seul
- Les deux ensemble

Vidéos de démonstration



## Volant

Pour que le drone soit pilotable avec la main gauche sur le volant et la main droite sur le joystick, il va falloir personnaliser le volant afin que la main gauche atteigne tous les boutons nécessaires. Pour cela, il va falloir personnaliser le volant, voici un exemple.

 Accélérer

 Freiner

 Stop

 Descendre

 Radio

 Rotation du volant pour faire pivoter le drone



# Semestre 2 – Représentation des commandes à bord (joystick)

## Joystick

Le joystick est utilisé par la main droite et sert principalement à pencher le drone à droite, à gauche, devant et derrière, par la rotation du joystick.

Des boutons peuvent y être ajoutés en tant qu'option, que ce soit pour la radio, l'ouverture des portes, la communication avec le passager...



## Réalisation d'un cahier des charges

- Pour Cy-Tech : mélange des projets pour réaliser un prototype plus proche de la réalité
- Pour la prochaine équipe travaillant sur notre sujet : améliorer notre prototype, ajouter des capteurs (orientations)




Description du système global :

Caractéristiques

- VTOL initialement piloté visant à être autonome
- 2 PAX dont un pilote
- Solution hybride : moteur à piston Rotax 915is alimentant un moteur T-Motor U12KV120 (ou U13)
- 36 rotors
- Facilement démontable (peut se ranger dans une soute d'avion)
- Coûts modérés
- Vocation d'évacuation sanitaire légère

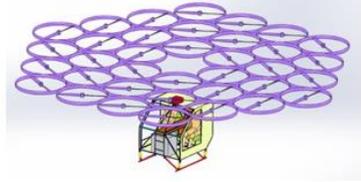


Figure 1 - Schéma global du VTOL Mini-bgg

Compétences voulues

- Vitesse de croisière : 170 km/h
- Distance franchissable : 600 km
- Masse maximale au décollage : 700 kg

Prototypage :

Dans le cadre de notre projet, l'objectif est de créer un prototype pour tester les différentes configurations possibles du FCU en laissant de côté plusieurs caractéristiques du système global. Ainsi, le FCU est représenté ici par une carte Arduino sur laquelle seront branchées les entrées (Commandes et capteurs) et les sorties (rotors).

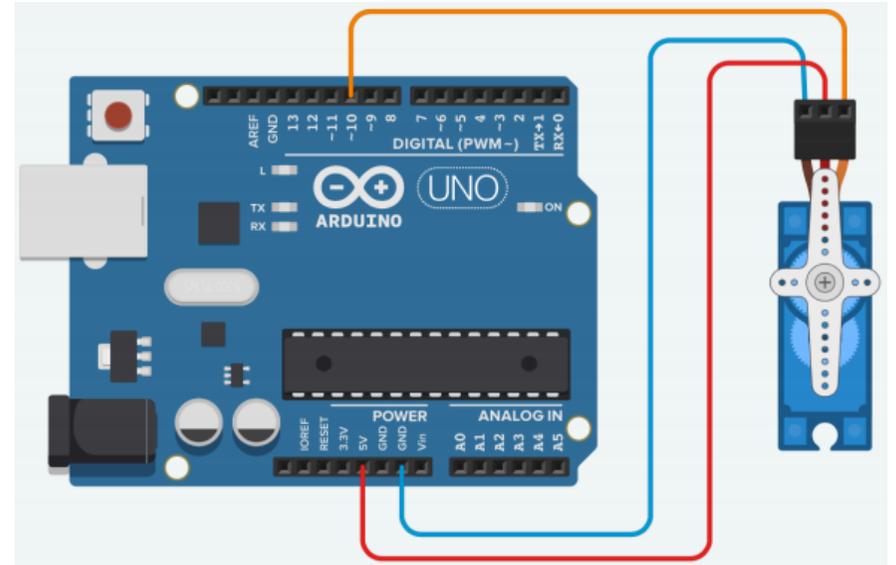
Les rotors sont ici représentés par des LEDs à intensité lumineuse variable de sorte à modéliser les variations de vitesse continues des rotors. Leur nombre sera d'abord limité à 4 puis à 6 et enfin à 9 LEDs pour correspondre avec le nombre de sorties max de la carte Arduino mais on verra que monter jusqu'à 36 ne changerait fondamentalement pas grand-chose.

Pour les entrées du système, nous nous intéresserons d'abord à un pilotage par 4 boutons (axe de tangage et roulis), puis pour se rapprocher du système réel et avoir des entrées de commande continues, nous choisirons de partir sur un joystick. Concernant les différents capteurs, le système devra contenir au minimum un gyroscope, un accéléromètre et un magnétomètre. Un GPS et un altimètre serait également quasi nécessaire pour aider le

- Prototype plus complet
- Mise en commun du travail avec Cy-Tech
- Etat de l'art des éléments de contrôle
- Cas de pannes

## Prototypage plus complet :

- Remplacer les LEDs par des servomoteurs
- Utiliser un altimètre
- Rendre plus précis le code, surtout en lacet



## Mise en commun du travail avec Cy-Tech:

- Explication de notre travail déjà réalisé (fonctionnement du prototype) grâce au Cahier des Charges
- Explication du lien avec leur projet (notamment la carte STM)
- Lancement d'un projet visant à créer un premier prototype avec des éléments certifiés, en mêlant le projet de Cy-Tech et le nôtre

## Etat de l'art des éléments de contrôle :

- Continuer le travail réalisé sur les commandes de vol
- Rentrer en contact avec TechnoMap pour mieux définir les besoins
- Vérifier les compatibilités et les certifications des éléments



## Etude des cas de pannes :

- Comment réagit le drone si certains rotors tombent en panne
- Comment réagit le drone si des capteurs tombent en panne
- Comment réagit le drone si des éléments de contrôle tombent en panne

## Objectifs globaux atteints

- Compréhension du fonctionnement d'un drone et d'un FCU
- Recherche de fournisseur
- Réalisation d'un prototype
- Test du prototype et succès
- Etablissement des orientations pour les prochains groupes

