Dassault UAV Challenge

Julien RINEAU
Gabriel POIDATZ
Raphaël VICOL

Léo BRINGER
Ibrahim RAMDANE

DASSAULT AVIATION

20 Mai 2022

Arts et Métiers Sciences et Technologies

Sommaire :

1. Présentation du projet et de ses ambitions - Cahier des charges
2. Organisation & planning du projet
3. Travaux réalisés
    - 3. 1. Prise en charge du matériel et construction du drone
    - 3. 2. Computer Vision
    - 3. 3. Architecture du système de commande
    - 3.4. Simulation
    - 3.5. Système de largage
4. Conclusion

Arts et Métiers Sciences et Technologies

1. Présentation du projet et de ses ambitions :

Arts et Métiers Sciences et Technologies

Livraison de médicaments via drone

Arts et Métiers Sciences et Technologies

Aide aux personnes ne pouvant se déplacer de chez elle facilement

Arts et Métiers Sciences et Technologies

Cahier des charges

FP1	Suivre une commande de vol
FP2	Voler de manière autonome
FP3	Larguer des objets

N°	Sous fonction	Contraintes	Critères	Niveaux
FP1	FP1.1	Pouvoir se déplacer horizontalement	Vitesse horizontale	25km/h
	FP1.2	Pouvoir se déplacer verticalement	Hauteur	20m
FP2		Se déplacer de manière autonome	Distance Système automatisé	100m (connexion Raspberry Pi 4)
FP3	FP3.1	Lire et reconnaitre des QR Code	Caméra (pixels) Raspberry (puissance calcul)	
	FP3.2	Larguer des objets	Système de largage	12 médicaments transportables 4 livraisons faisables/course Poids : 1kg Rayon de largage : 15cm

Arts Sciences et Technologies et Métiers

Cahier des charges

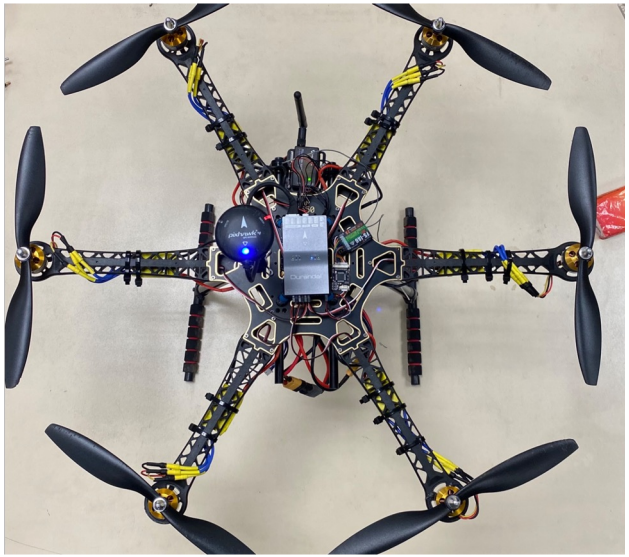
FC1		Eviter les obstacles	Hauteur de vol Système intelligent	10-15m Raspberry/caméra
FC2		Respecter le colis	Hauteur de largage	<2m
FC3		Avoir une autonomie de vol suffisante	Autonomie	>4 min
FC4		S'adapter au sol	Pied Vitesse d'atterrissage	Hauteur pied : 25cm coussin amortissant <0,2m/s
FC5		S'adapter aux vents et aux contraintes	Stabilité correcteur	Commande d'auto stabilisation
FC6		Sécuriser le drone	Vibration Solidifier bras et pieds Protéger Hélices	Coussin/ressort amortissant pour contrôleur de vol Pièce annexe de protection

Arts et Métiers Sciences et Technologies

2. Organisation & planning du projet :

Arts et Métiers Sciences et Technologies

Résultats premier semestre :



Arts et Métiers Sciences et Technologies

Ce qu’il nous restait à faire :

Implémentation du code pour l’autonomisation du drone:

- Passage de formation en ligne pour l’apprentissage de ROS (The Construct)
- Connexion réseau à distance pour communiquer entre la base de contrôle (ordinateur) et le drone (Raspberry)
- Transmission et traduction de message de la raspberry à la pixhawk (MAVROS)

Réglage des problèmes du software de contrôle de vol:

- Problèmes de GPS
- Lancement de missions non-contrôlées

Système de largage:

- Impression des pièces
- Achat de certaines pièces et assemblage de l’ensemble
- Implémentation du code pour le servomoteur

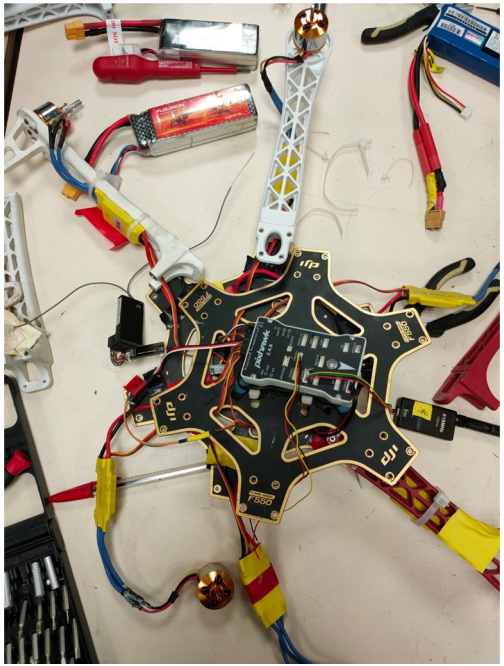
Arts et Métiers Sciences et Technologies

3. Travaux réalisés :

Arts et Métiers Sciences et Technologies

3. 1. Prise en charge du matériel et construction du drone :

Prise en charge du matériel - Montage - Réparations :

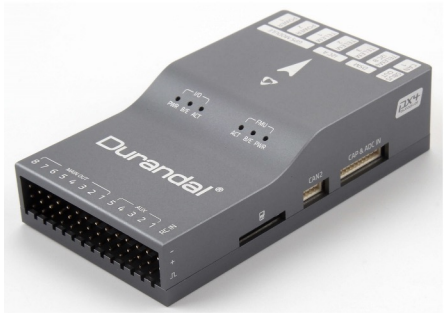


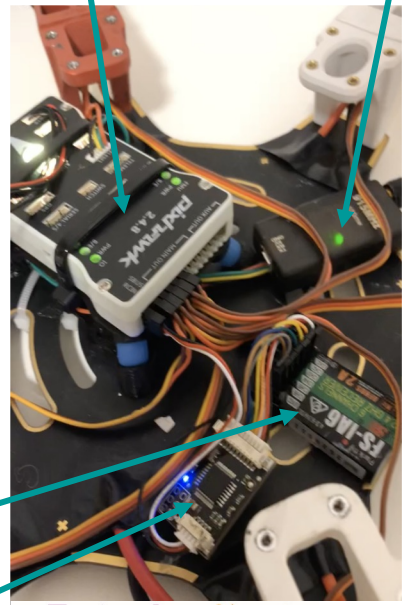
Arts et Métiers Sciences et Technologies

3. 1. Prise en charge du matériel et construction du drone :

Electronique et câblage

- Reprise de l’ensemble des câblages et soudures
- Remplacement du matériel défectueux ou manquant

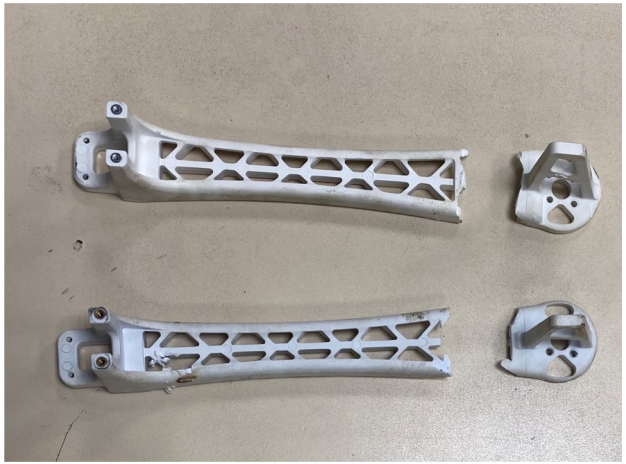




Arts et Métiers Sciences et Technologies

3. 1. Prise en charge du matériel et construction du drone :

Prise en charge du matériel - Montage - Réparations :



Arts et Métiers Sciences et Technologies

3. 1. Prise en charge du matériel et construction du drone :

Prise en charge du matériel - Montage - Réparations :

3. 1. Prise en charge du matériel et constructio

Customisation + Achat :

Achats :

- Support anti-vibrations (8€90)
- Nouveaux pieds (39€90)
- Moteurs (14€69)
- Raspberry + coques (à un des membres de l'équipe)
- Composants pour système de largage (tuyaux, vis, colliers) (35€)
- Moteur système de largage (12€90)

Optionnel : nouvelle caméra

Total : 119,39€

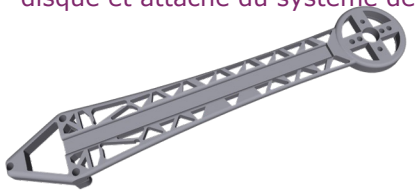
Arts et Métiers Sciences et Technologies

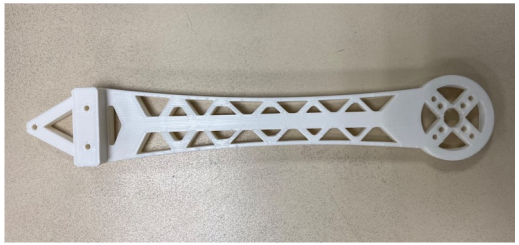
3. 1. Prise en charge du matériel et construction du drone :

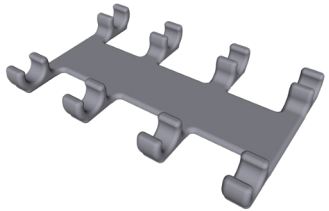
Customisation + Achat :

Pièces dessinées sur Catia et imprimées en 3D :

- nouveaux bras
- support Raspberry
- support batterie
- protection hélices
- disque et attache du système de largage (pas encore imprimé)





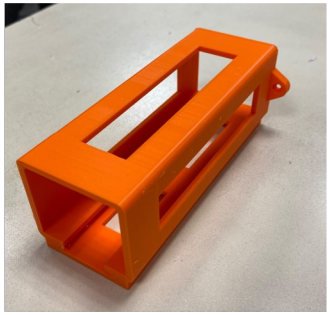


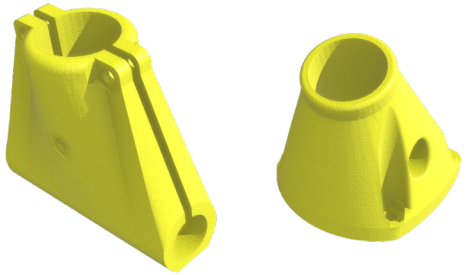
Arts et Métiers Sciences et Technologies

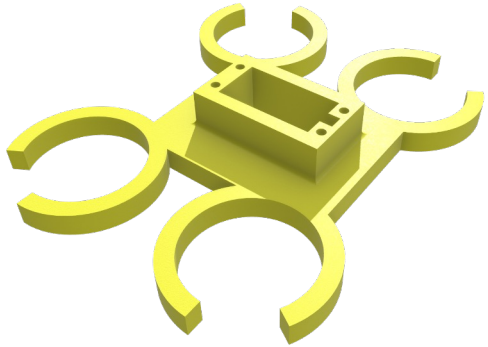
3. 1. Prise en charge du matériel et construction du drone :

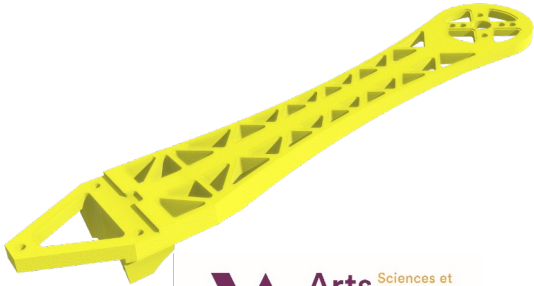
Customisation + Achat :

Pièces dessinées sur Catia et imprimées en 3D :









Arts et Métiers Sciences et Technologies

3. 1. Prise en charge du matériel et construction du drone :

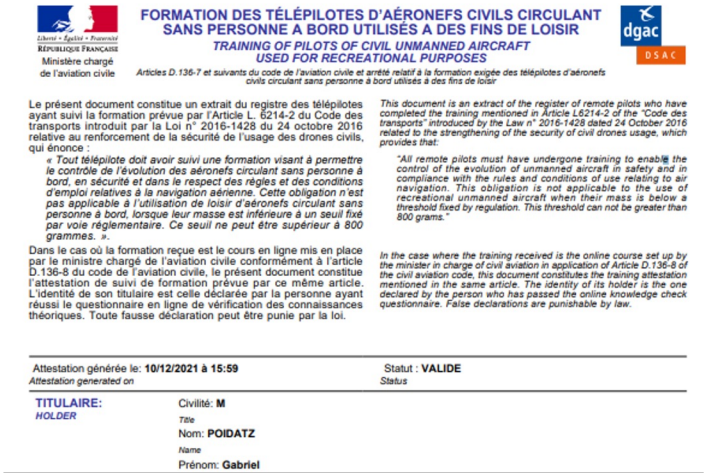
Mise en route et calibrations

- Allumage des composants opérationnel et reconnaissance avec la Pixhawk
- Appareillage et calibration de la radio
  Réponse à l'ensemble des commandes
- Arrêt d'urgence : implémentée
  (Mandatory Workshop)
- Armement et calibration des ESC
  - Vitesse de rotation au ralenti et évolution synchronisée de la poussée
  - Modification vitesse de rotation lors des changements de direction
- Réglage du PID
- Connection Raspberry Pixhawk

Arts et Métiers Sciences et Technologies

Sessions de tests :

- Certification formation télépilote le 12 Octobre 2021



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Ministère chargé de l'aviation civile

FORMATION DES TÉLÉPILOTES D'AÉRONEFS CIVILS CIRCULANT SANS PERSONNE A BORD UTILISÉS A DES FINS DE LOISIR

TRAINING OF PILOTS OF CIVIL UNMANNED AIRCRAFT USED FOR RECREATIONAL PURPOSES

Articles D.136-7 et suivants du code de l'aviation civile et arrêté relatif à la formation exigée des télépilotes d'aéronefs civils circulant sans personne à bord utilisés à des fins de loisir

dgac DSAC

Le présent document constitue un extrait du registre des télépilotes ayant suivi la formation prévue par l'Article L. 6214-2 du Code des transports introduit par la Loi n° 2016-1428 du 24 octobre 2016 relative au renforcement de la sécurité de l'usage des drones civils, qui énonce :

« Tout télépilote doit avoir suivi une formation visant à permettre le contrôle de l'évolution des aéronefs circulant sans personne à bord, en sécurité et dans le respect des règles et des conditions d'emploi relatives à la navigation aérienne. Cette obligation n'est pas applicable à l'utilisation de loisir d'aéronefs circulant sans personne à bord, lorsque leur masse est inférieure à un seuil fixé par voie réglementaire. Ce seuil ne peut être supérieur à 800 grammes. ».

Dans le cas où la formation reçue est le cours en ligne mis en place par le ministre chargé de l'aviation civile conformément à l'article D.136-8 du code de l'aviation civile, le présent document constitue l'attestation de suivi de formation prévue par ce même article. L'identité de son titulaire est celle déclarée par la personne ayant réussi le questionnaire en ligne de vérification des connaissances théoriques. Toute fausse déclaration peut être punie par la loi.

This document is an extract of the register of remote pilots who have completed the training mentioned in Article L6214-2 of the "Code des transports" introduced by the Law n° 2016-1428 dated 24 October 2016 related to the strengthening of the security of civil drones usage, which provides that:

"All remote pilots must have undergone training to enable the control of the evolution of unmanned aircraft in safety and in compliance with the rules and conditions of use relating to air navigation. This obligation is not applicable to the use of recreational unmanned aircraft when their mass is below a threshold fixed by regulation. This threshold can not be greater than 800 grams."

In the case where the training received is the online course set up by the minister in charge of civil aviation in application of Article D.136-8 of the civil aviation code, this document constitutes the training attestation mentioned in the same article. The identity of its holder is the one declared by the person who has passed the online knowledge check questionnaire. False declarations are punishable by law.

Attestation générée le: **10/12/2021 à 15:59**
Attestation generated on

Statut : **VALIDE**
Status

TITULAIRE:
HOLDER

Civilité: **M**
Title
Nom: **POIDATZ**
Name
Prénom: **Gabriel**

- Début des essais hebdomadaires le dimanche 14 Novembre 2021

Arts et Métiers Sciences et Technologies

Sessions de tests :

- Essais 1: Familiarisation avec les commandes & réglage des sens de rotation des moteurs et des hélices.

-> échec de la session de test : renversement du drone au décollage (problème de stabilité).

- Essai 2: Analyse des données pour la calibration des moteurs au moment du décollage.

-> échec de la session de test: même problème + bras n°4 et hélice cassé

- Essai 3: Apres recalibration des ESC et analyse des données collectées:

-> Premier décollage autonome

- Essai 4: Début de réglage des commandes d'auto stabilisation (PID) en vol

-> Calibration réussie

- Essai 5: Confirmation de la stabilité du drone

-> Premier vol commandé

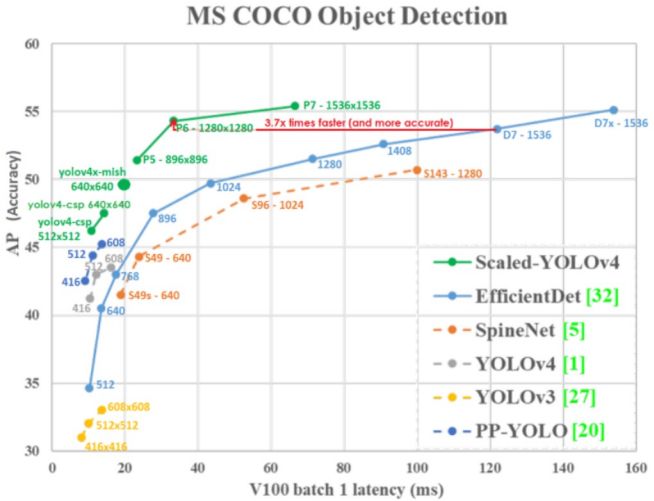
Arts et Métiers Sciences et Technologies

Arts et Métiers Sciences et Technologies

3. 2. Computer Vision :

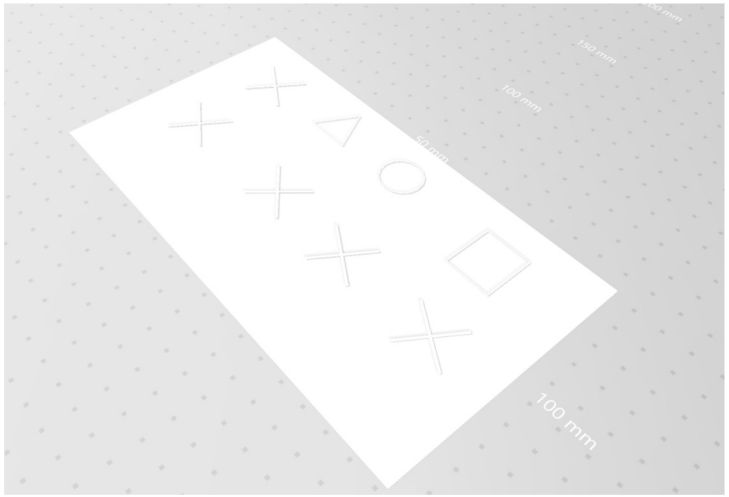
Choix du modèle :

	YOLO	Faster R-CNN	Géométrique
Détection	37 FPS	7 FPS	65 FPS
Couleur	Oui	Oui	Non
Dépendance environnement	Non	Non	Cas par cas
Précision	précis	précis	précis
Mise en place	Fastidieuse	Fastidieuse	rapide
Type	Deep learning	Deep learning	Gradient

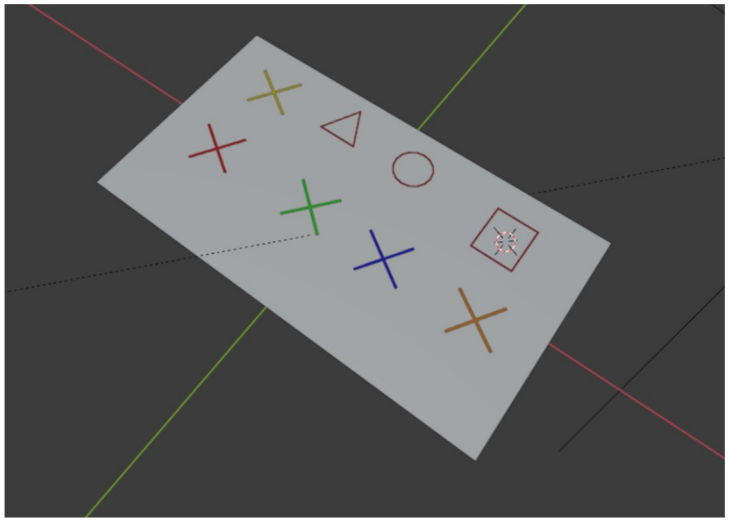


3. 2. Computer Vision :

3D Simulation data :



Modélisation de la scène avec CATIA

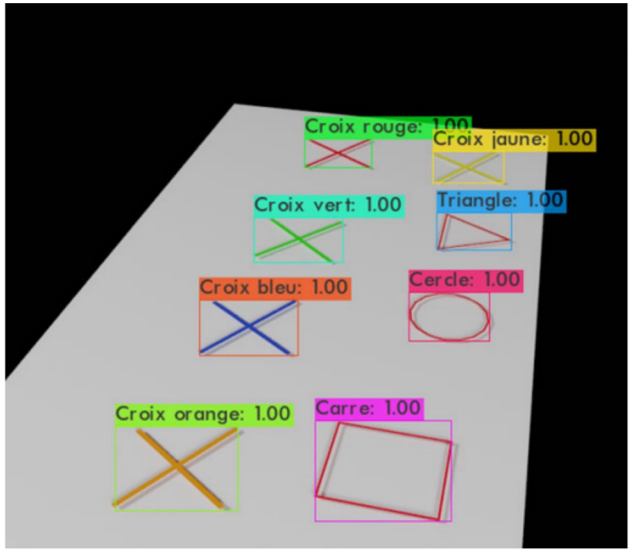


Modélisation de la scène avec Blender

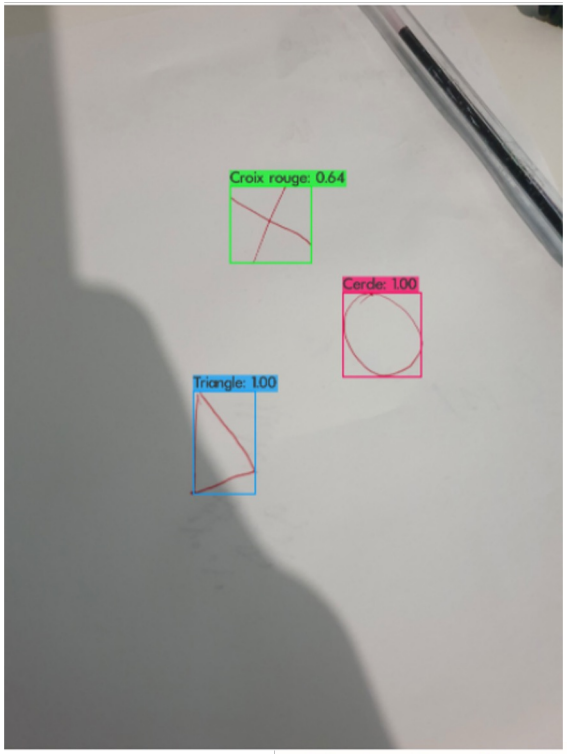
Arts et Métiers Sciences et Technologies

3. 2. Computer Vision :

Visualisation des premiers résultats



Résultats de l'implémentation de l'algorithme en simulation avec Blender :

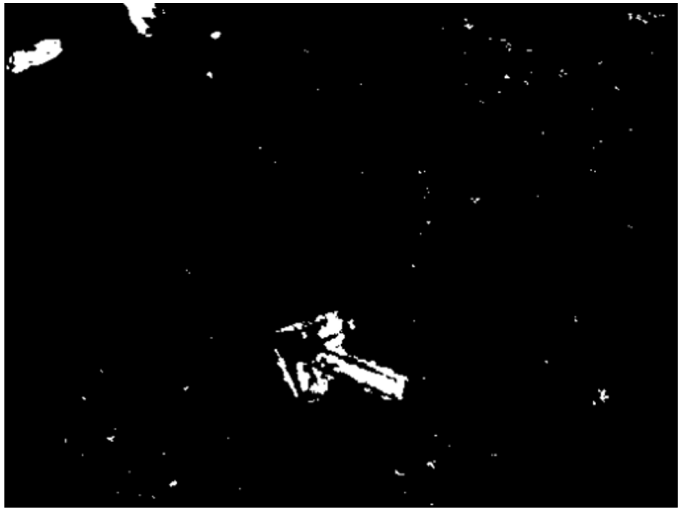


Arts et Métiers Sciences et Technologies

3. 2. Computer Vision :

Visualisation des premiers résultats

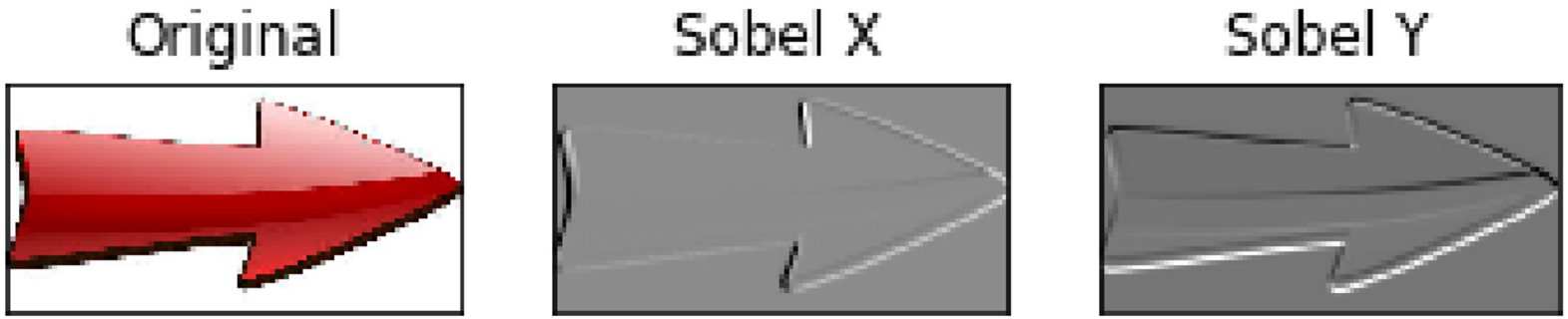
Image lors d'un vol autonome (utilité de la méthode YOLO) :



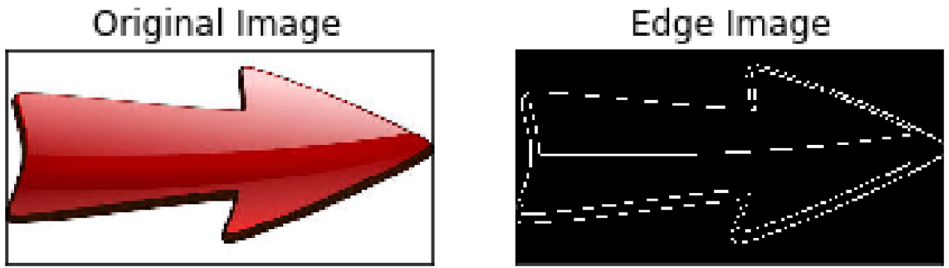
Arts et Métiers Sciences et Technologies

3. 2. Computer Vision :

Filtre de Canny (noise reduction)



Filtrage de Sobel

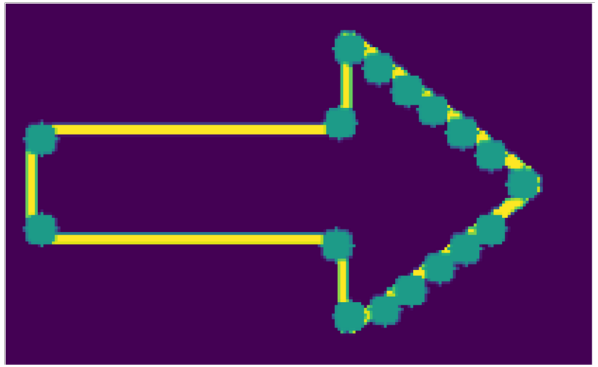


Filtrage de Canny

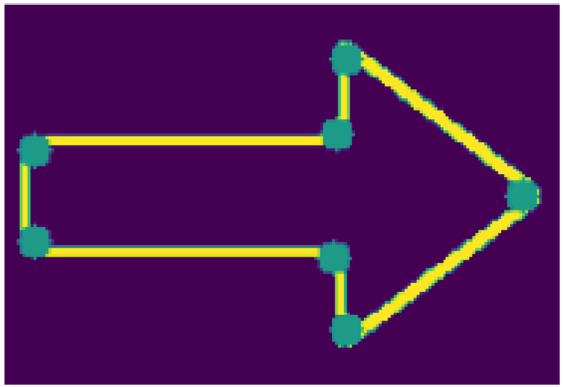
Arts et Métiers Sciences et Technologies

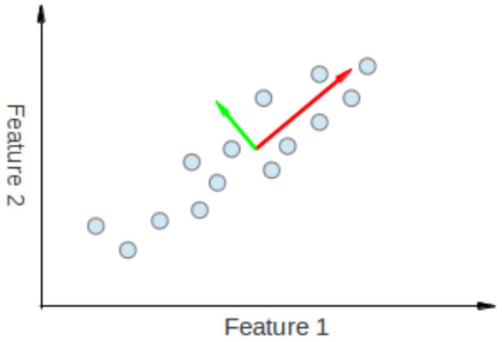
3. 2. Computer Vision :

Détermination des coins de la flèche



Opencv



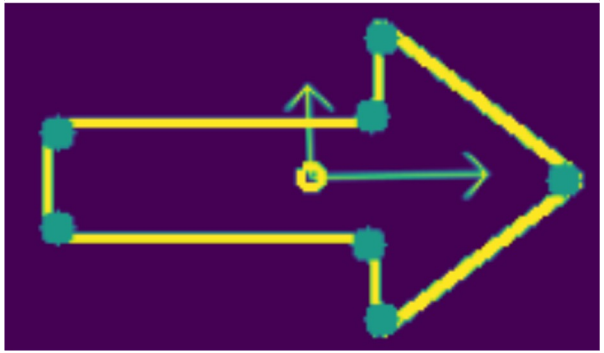


Méthode PCA

Arts et Métiers Sciences et Technologies

3. 2. Computer Vision :

Pose Estimation (translation & rotation)



```
[278]  1 data_pts = np.empty((len(true_c), 2), dtype=np.float64)
       2 for i in range(len(true_c)):
       3   data_pts[i][0] = true_c[i][0][0]
       4   data_pts[i][1] = true_c[i][0][1]
       5 mean, eigenvectors,eigenvalues = cv2.PCACompute2(data_pts,mean = None)
       6 cntr = (int(mean[0,0]), int(mean[0,1]))
```

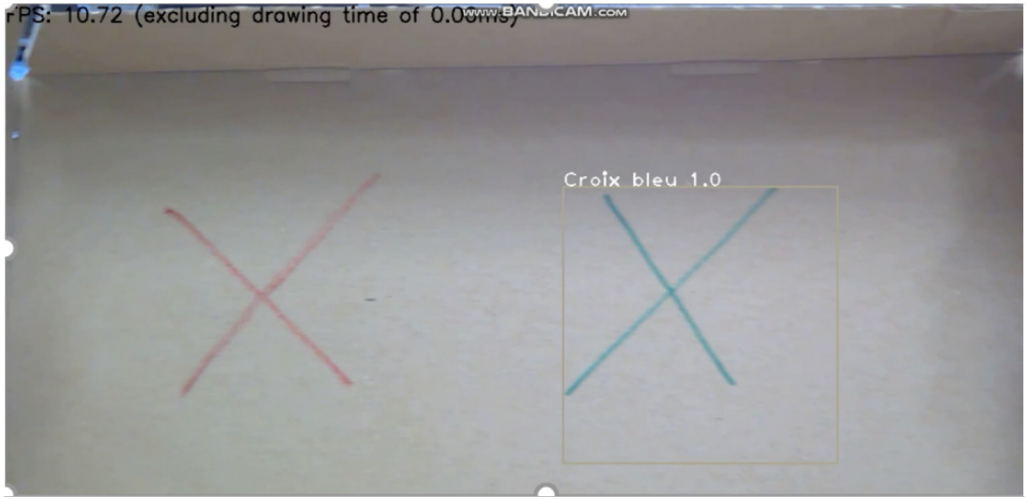
```
[279]  1 def drawaxis(img, p_, q_, colour, scale):
       2     p = list(p_)
       3     q = list(q_)
       4
       5     angle = atan2(p[1] - q[1], p[0] - q[0]) # angle en radians
       6     hypotenuse = sqrt((p[1] - q[1]) * (p[1] - q[1]) + (p[0] - q[0]) * (p[0] - q[0]))
       7     e
       8     q[0] = p[0] - scale * hypotenuse * cos(angle)
       9     q[1] = p[1] - scale * hypotenuse * sin(angle)
      10     cv2.line(img, (int(p[0]), int(p[1])), (int(q[0]), int(q[1])), colour, 1, cv2.LINE_AA)
      11
      12     p[0] = q[0] + 9 * cos(angle + pi / 4)
      13     p[1] = q[1] + 9 * sin(angle + pi / 4)
      14     cv2.line(img, (int(p[0]), int(p[1])), (int(q[0]), int(q[1])), colour, 1, cv2.LINE_AA)
      15     p[0] = q[0] + 9 * cos(angle - pi / 4)
      16     p[1] = q[1] + 9 * sin(angle - pi / 4)
      17     cv2.line(img, (int(p[0]), int(p[1])), (int(q[0]), int(q[1])), colour, 1, cv2.LINE_AA)
```

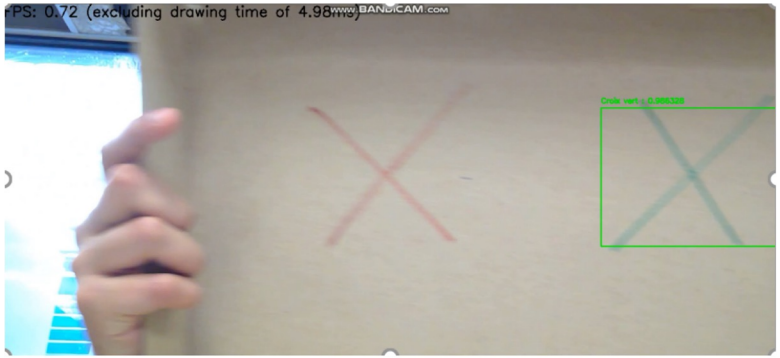
```
 1 #Tracé des vecteurs
 2 cv2.circle(img_copy, cntr, 3, (255, 0, 255), 2)
 3 p1 = (cntr[0] + 0.02 * eigenvectors[0,0] * eigenvalues[0,0], cntr[1] + 0.02 * eigenvectors[0,1] * eigenvalues[0,0])
 4 p2 = (cntr[0] - 0.02 * eigenvectors[1,0] * eigenvalues[1,0], cntr[1] - 0.02 * eigenvectors[1,1] * eigenvalues[1,0])
 5 drawaxis(img_copy, cntr, p1, (255, 255, 0), 1)
 6 drawaxis(img_copy, cntr, p2, (255, 255, 0), 2)
 7
 8 angle = atan2(eigenvectors[0,1], eigenvectors[0,0]) #Angle
 9 plt.imshow(img_copy)
10 print(angle)
```

Arts et Métiers Technologies

3. 2. Computer Vision :

Optimisation du temps de calcul à flux continu

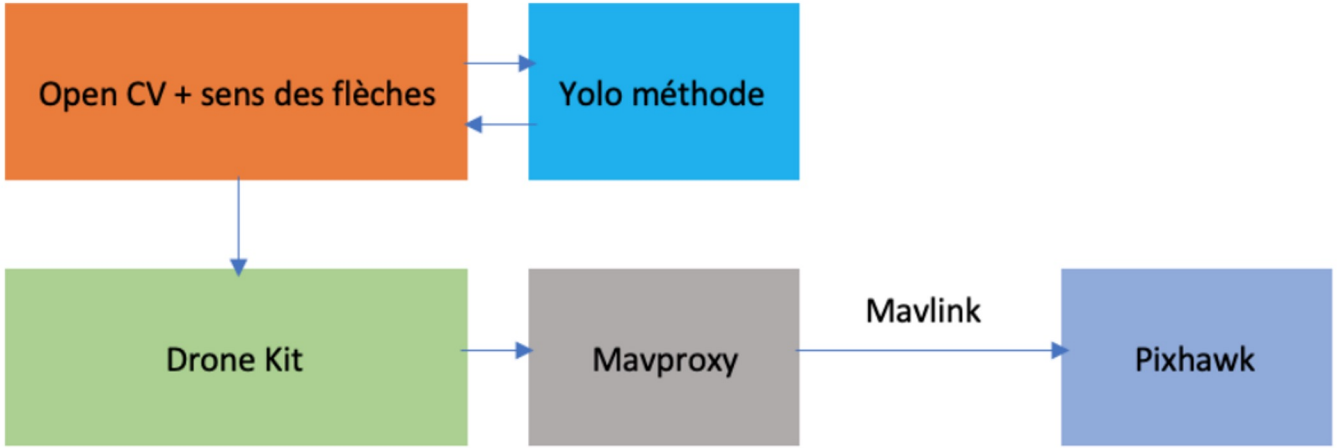


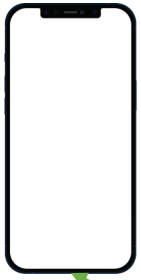


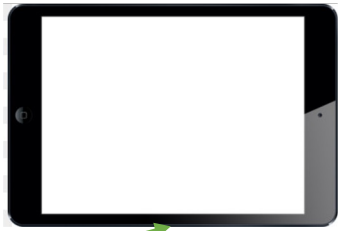
Arts et Métiers Sciences et Technologies

3. 2. Computer Vision :

Design final du système de Computer Vision

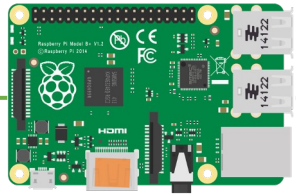






Station de Control

Routeur



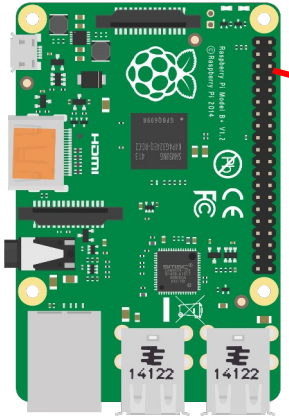
Ordinateur de bord

Contrôleur de vol

MAVLINK
MICRO AIR VEHICLE COMMUNICATION PROTOCOL

Arts et Métiers Sciences et Technologies

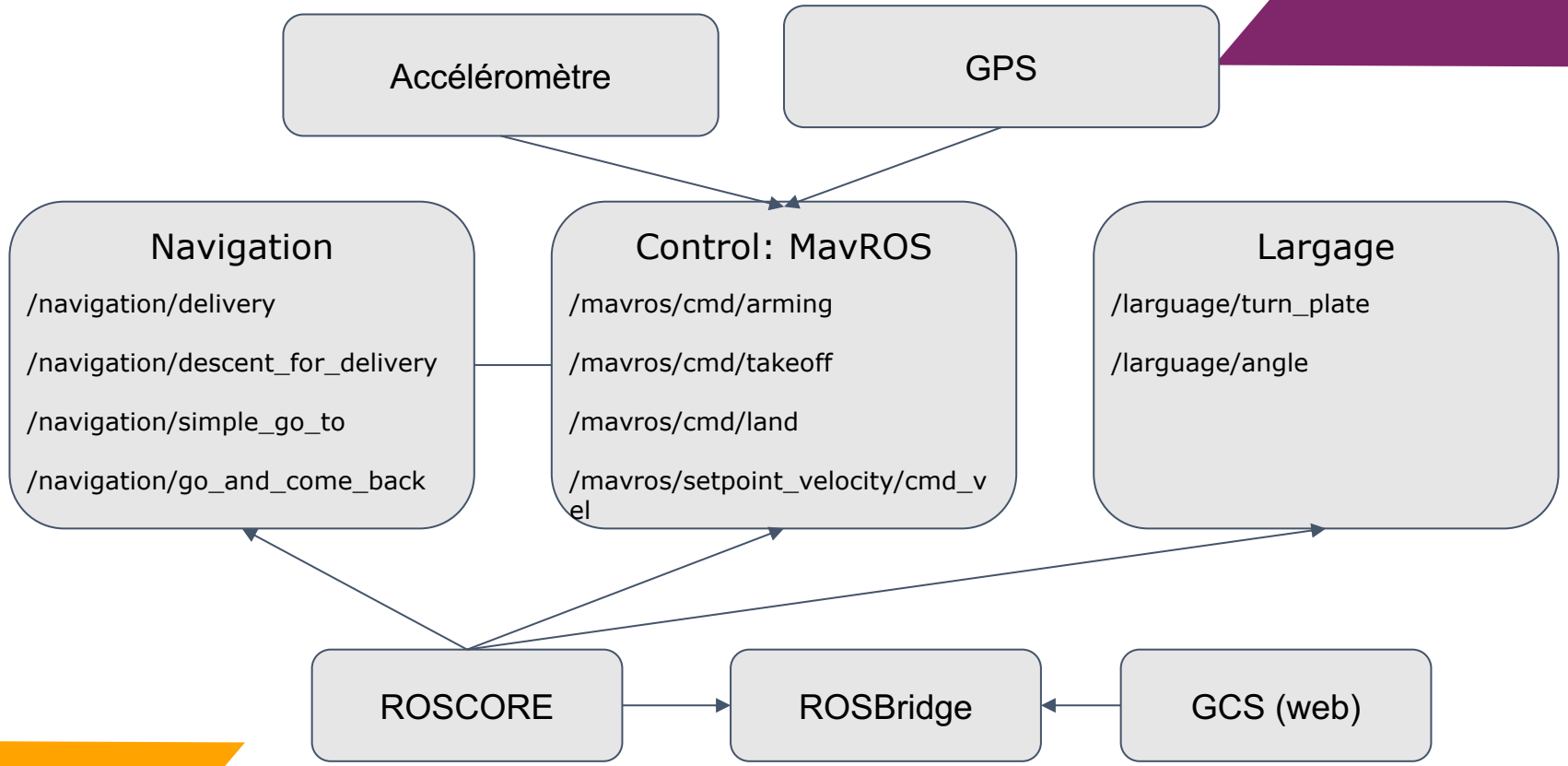
DIFFICULTÉ PRINCIPALE



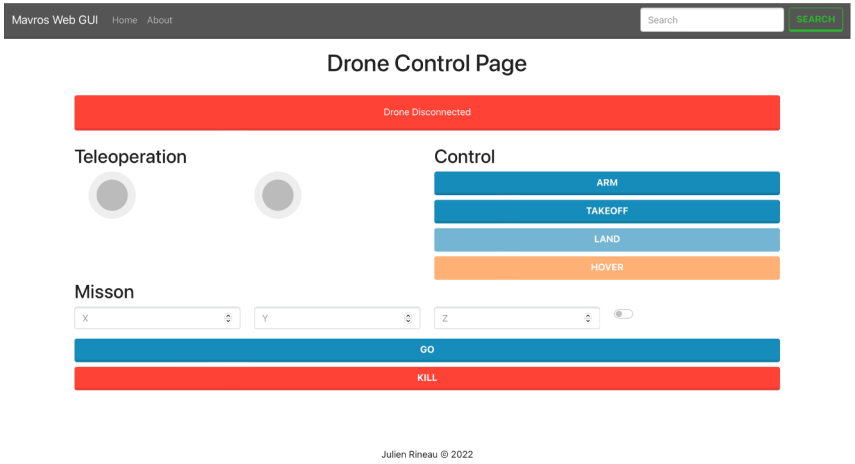
Ordinateur de bord

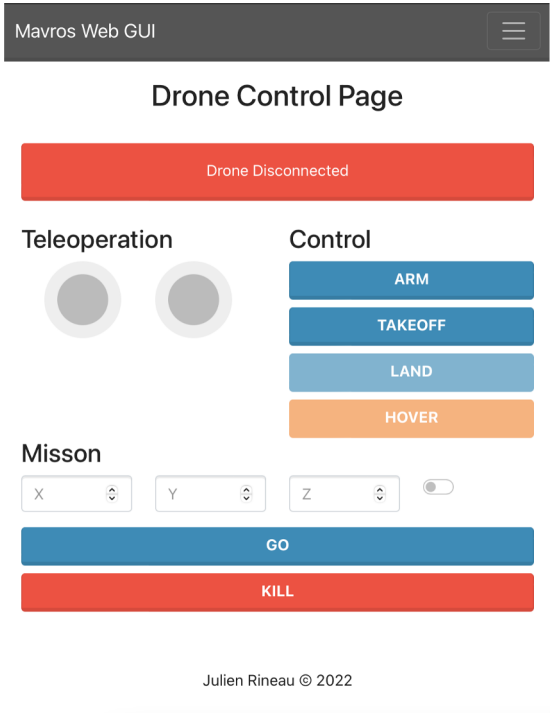
Contrôleur de vol

Arts et Métiers Sciences et Technologies


Accéléromètre
GPS
Navigation
/navigation/delivery
/navigation/descent_for_delivery
/navigation/simple_go_to
/navigation/go_and_come_back
Control: MavROS
/mavros/cmd/arming
/mavros/cmd/takeoff
/mavros/cmd/land
/mavros/setpoint_velocity/cmd_vel
Largage
/language/turn_plate
/language/angle
ROSCORE
ROSBridge
GCS (web)

3. 3. Architecture du système de commande





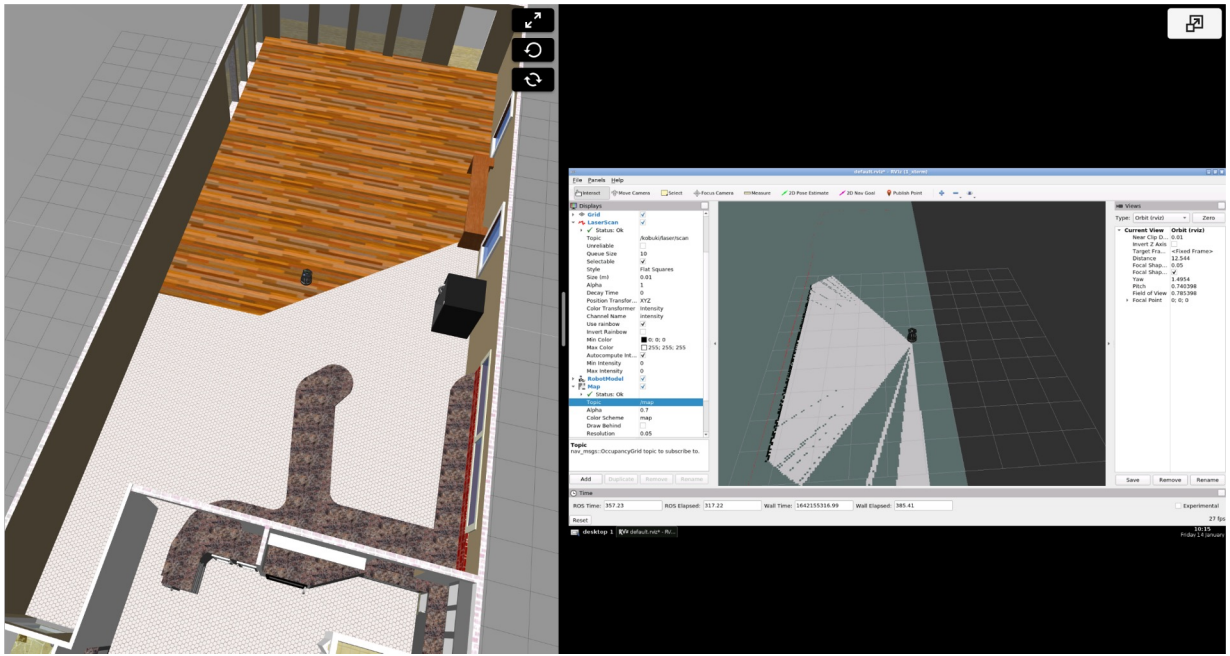
React JS

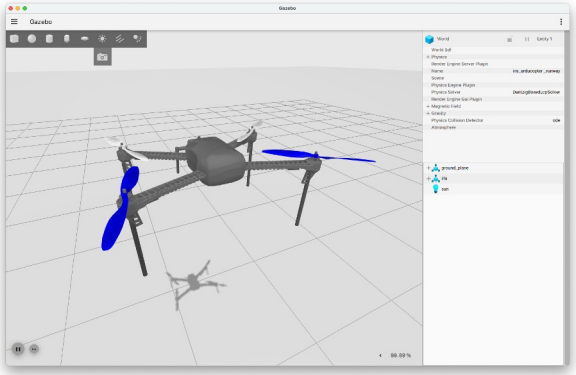
JSON

rosbridge.org

Arts et Métiers Sciences et Technologies

3.4. Simulation: Gazebo & Jmavsim





Arts et Métiers Sciences et Technologies

3. 5. Système de largage :

Cahier des charges:

FP1: transporter des capsules de médicament à l'abri et les déposer dans un ordre prédéterminé.

FC1: Le système ne doit pas ou très peu impacter l'autonomie et la stabilité du drone

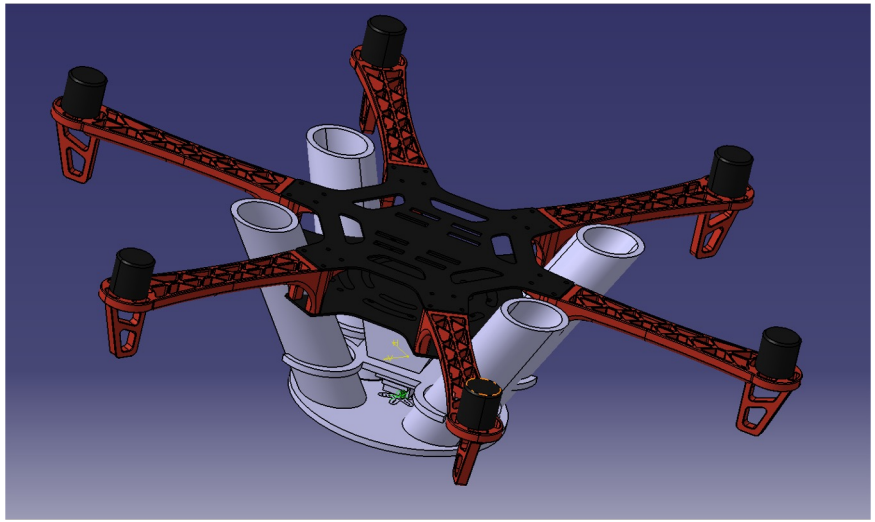
FC2: Le système doit être facilement montable et démontable

FC3: Le système doit être fait à partir de pièces et composants déjà existants

Arts et Métiers Sciences et Technologies

3. 5. Système de largage :

Système retenu:



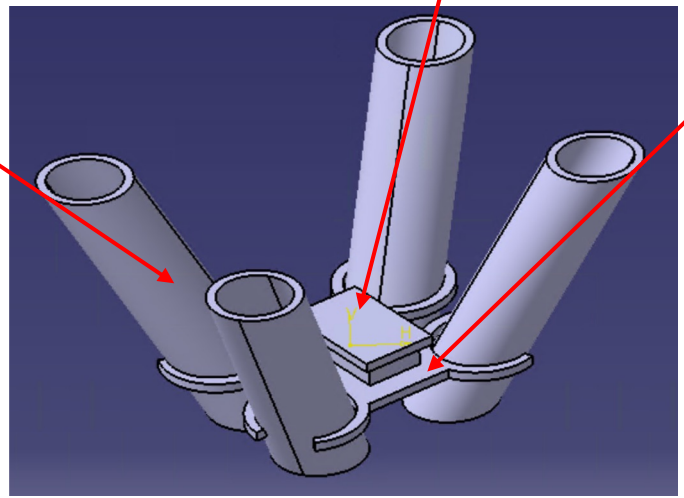
Arts et Métiers Sciences et Technologies

3. 5. Système de largage :

Partie Fixe

Logement moteur

Tubes pour colis



Structure de maintien basse des tubes et du moteur

Arts et Métiers Sciences et Technologies

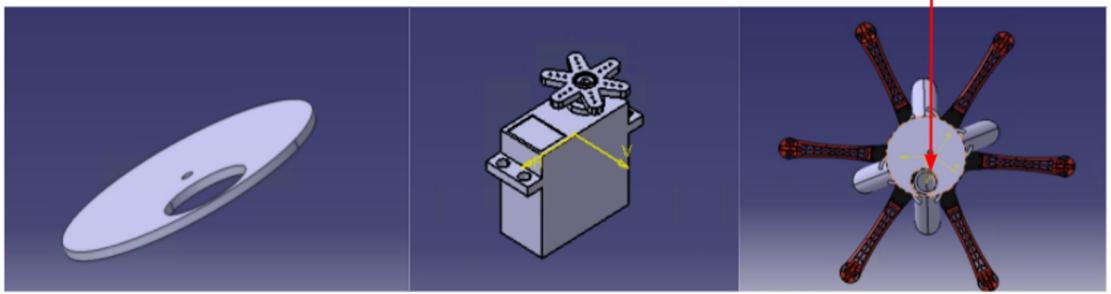
3. 5. Système de largage :

Partie Mobile

Disque

Servomoteur Towerpro

Vue de dessous du drone avec le disque aligné sur un tube



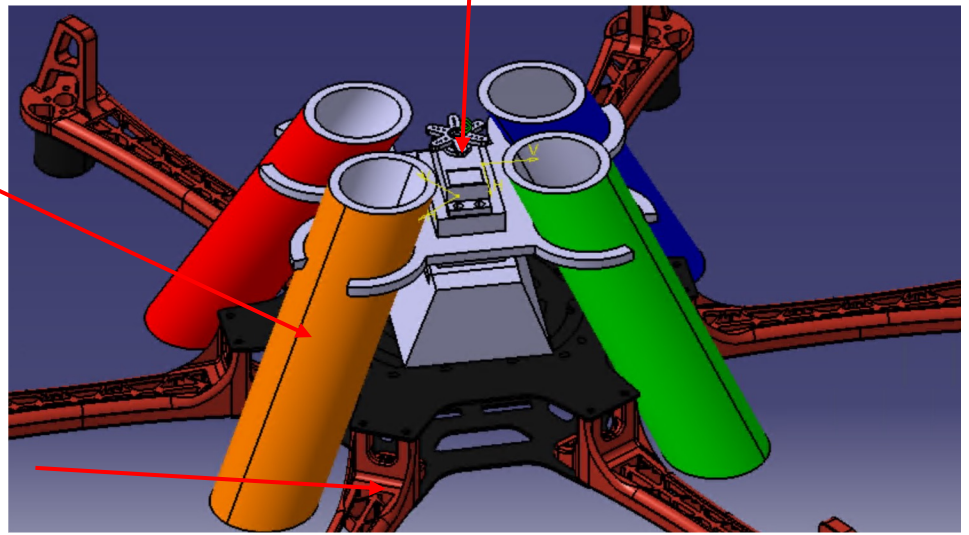
Arts et Métiers Sciences et Technologies

3. 5. Système de largage :

Partie Fixe

Servomoteur

Tubes pour colis



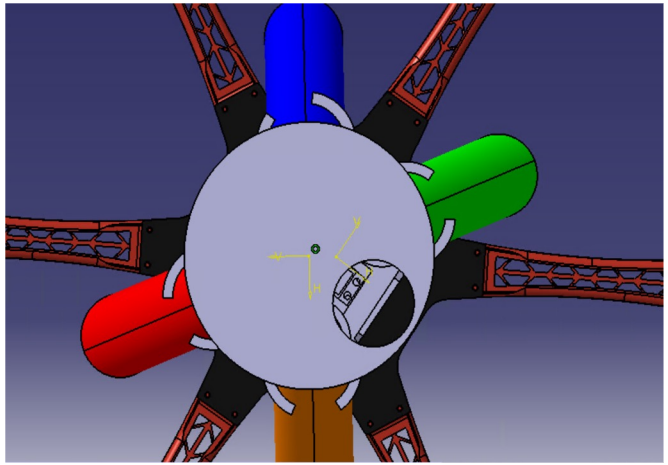
Châssis drone

Arts et Métiers Sciences et Technologies

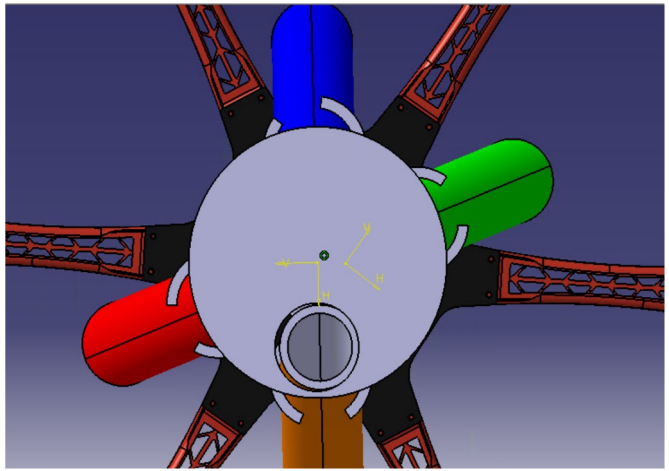
3. 5. Système de largage :

Partie Mobile

Position de départ
toutes les tubes sont
fermées



Première rotation 55° &
ouverture du premier
tube

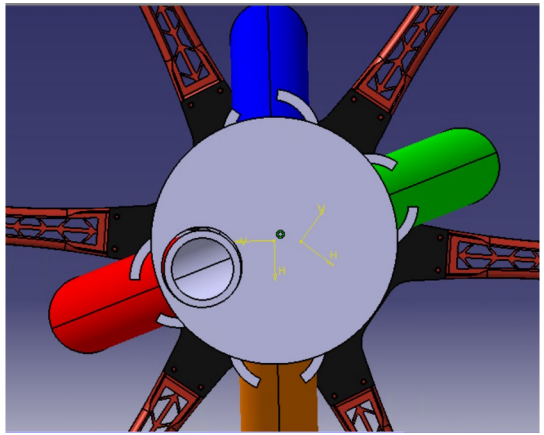


Arts et Métiers Sciences et Technologies

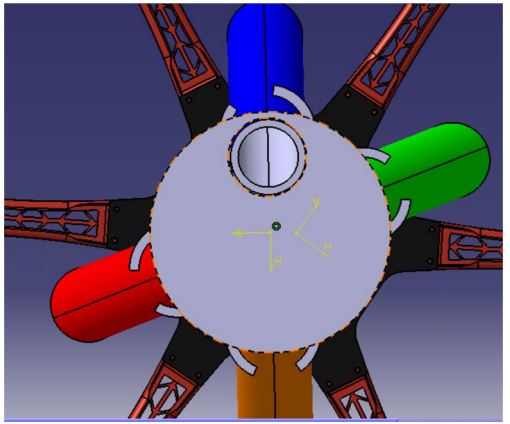
3. 5. Système de largage :

Partie Mobile

Deuxième rotation 70°
& ouverture du second tube



Troisième rotation 110°
& ouverture du troisième tube

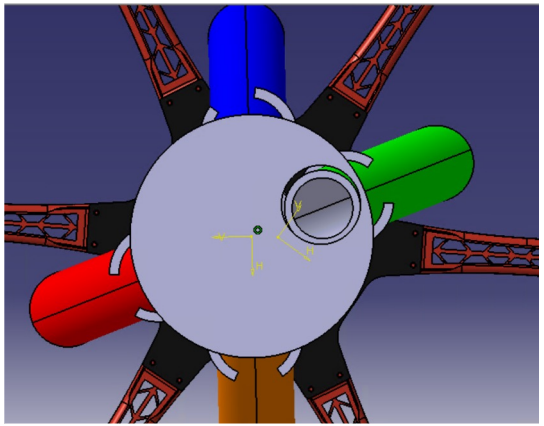


Arts et Métiers Sciences et Technologies

3. 5. Système de largage :

Partie Mobile

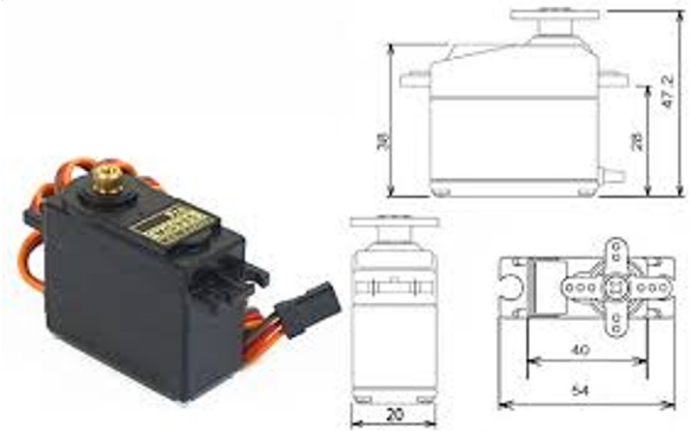
Quatrième rotation 70°
& ouverture du
quatrième tube



Arts et Métiers Sciences et Technologies

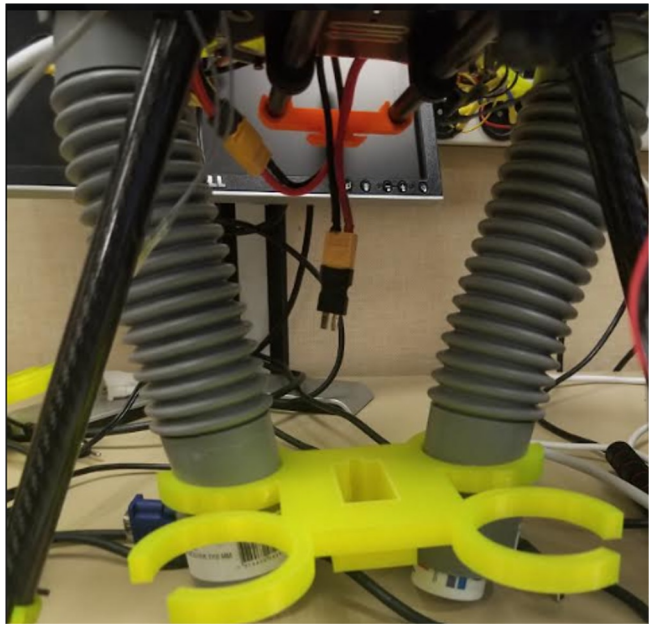
3. 5. Système de largage :

Matériel utilisé:



3. 5. Système de largage :

Impressions 3D



Arts et Métiers Sciences et Technologies

3. 5. Système de largage :

Montage

3. 5. Système de largage :

Implémentation du code

```
depart = 2  # rapport cyclique pour que le servo
# soit au début de son mouvement
# à ajuster

arrivee = 12  # rapport cyclique pour que le serv
# soit à la fin de son mouvement
# à ajuster
```

```
def servomot(angle) :

    print("Angle actuel: ", angle)
    rapport = angle/26.5+2
    pwm.ChangeDutyCycle(float(rapport))
    time.sleep(0.1)

servomot(45)  # 45 1er colis
#va à sa 2ème position
servomot(135)  # 135 2ème colis
#va à sa 3ème position
servomot(225)  # 225 3ème colis
time.sleep(0.5)
servomot(int(0))  # retour position initial à la fin de la livraison
```

Arts et Métiers Sciences et Technologies

servomoteur.py ● call_motor_service_server.launch ●

src > pkg_largage_motor > src > servomoteur.py

```python
#! /usr/bin/env python

import rospy
import time
import RPi.GPIO as GPIO
from pkg_largage_motor.srv import MotorServiceMessage, MotorServiceMessageResponse

#initialisation des pin et de la position du moteur
servo_pin = 32  # équivalent de GPIO 18
GPIO.setmode(GPIO.BOARD)  # notation board plutôt que BCM
GPIO.setup(servo_pin, GPIO.OUT)  # pin configurée en sortie
pwm = GPIO.PWM(servo_pin, 50)  # pwm à une fréquence de 50 Hz
rapport = 0
pwm.start(rapport)


def my_callback(request) :
    #request c'est l'angle

    rospy.loginfo("The Service largage_motor has been called")
    rospy.loginfo("Angle actuel: ", request)
    rapport = request/26.5+2
    if rapport = 45:
        pwm.ChangeDutyCycle(float(45))
    if rapport = 135:
        pwm.ChangeDutyCycle(float(135))
    if rapport = 225:
        pwm.ChangeDutyCycle(float(225))
    time.sleep(0.5)
    pwm.ChangeDutyCycle(int(0))
    time.sleep(0.5)
    GPIO.cleanup()
    response = MotorMessageResponse()
    response.success = True
    return response

rospy.init_node('service_largage_motor')
my_service = rospy.Service('/largage_motor', MotorServiceMessage , my_callback) # crea

rospy.loginfo("Service /largage_motor Ready")
rospy.spin() # mantain the service open
```

Arts et Métiers Sciences et Technologies

4. Conclusion et derniers ajustements

Arts et Métiers Sciences et Technologies

4. Conclusion et derniers ajustements

Résultats obtenus:

- Construction pratiquement intégrale d'une drone fonctionnel (vol manuel)
- Formation en ligne sur un logiciel professionnel de robotique
- Ecriture d'un algorithme de vol fonctionnel (simulation)
- Construction et Conception d'un système de largage de médicament

Problèmes restants:

- Problèmes de connections Raspberry/Pixhawk
- Test de vol autonome (auto-stabilisation)
- Système de largage:
    - Prochaine étape: Essais en vol

Arts et Métiers Sciences et Technologies

Merci pour votre attention

Arts et Métiers Sciences et Technologies