
- DASSAULT UAV CHALLENGE -
Équipe Sea'gogne



Rozenn LE BIHAN
Axel RAYNOND
Rémy LABARRE
Matys BIECHE
Alexandre AMARO MONTEIRO
Txomin BISBAU

Professeur référent :
Monsieur OSTRE, Maître de conférence à SeaTech

2023-2024

Remerciements

Nous remercions tout d'abord notre professeur référent M. OSTRE pour son enthousiasme et son aide tout long de notre projet.

Nous souhaitons également remercier notre école d'ingénieur SeaTech pour les locaux et le matériel à disposition.

Nous remercions tout particulièrement l'équipe encadrante du DASSAULT UAV Challenge pour l'opportunité qu'ils nous donnent en participant à cette compétition et les dispositifs mis en place pour nous.

Table des matières

Introduction	1
1 Présentation	2
1.1 Contexte et mission : sauvetage en mer	2
1.2 Fonctionnalités et diagrammes techniques	3
2 Réalisation fonctionnelle du drone	8
2.1 Structure du drone	8
2.1.1 Fuselage	8
2.1.2 Aile	8
2.1.3 Systèmes moteur	9
2.1.4 Structure entre le fuselage et les moteurs : tubes	9
2.1.5 Empennage	10
2.2 Contrôle du drone	11
2.2.1 Système électronique	11
2.2.2 Interface de commande	11
2.2.3 Automatisation	11
3 Réalisation de la mission : systèmes de sauvetage	12
3.1 Système de détection	12
3.2 Système de largage	13
4 Estimation du coût	14
5 État d'avancement du prototype	15
Conclusion	16

Résumé

Dans le cadre de la compétition DASSAULT UAV Challenge, notre équipe s'attelle à la conception d'un drone VTOL dédié aux opérations de sauvetage en mer. De la sélection de la structure au dimensionnement précis des composants, chaque étape de notre processus de développement est réalisée de manière à créer un drone aussi performant que possible, tout en répondant aux exigences rigoureuses définies par la compétition.

Grâce à la diversité de nos compétences et à nos recherches approfondies, nous avons fusionné nos connaissances dans le cadre de ce projet pluridisciplinaire. De la modélisation à la simulation, en passant par la programmation, l'automatisation et l'électronique, chaque domaine a été abordé avec une attention particulière. Notre objectif est de présenter un drone qui allie l'expertise technique à une approche globale pour répondre efficacement aux défis complexes du sauvetage en mer.

Abstract

traduire

Introduction

Dans le cadre de la compétition organisée par Dassault, nous sommes fiers de présenter notre drone conçu pour répondre à des besoins en sauvetage en mer. Inspiré par l'engagement envers l'innovation et la sécurité, notre équipe a développé un drone à décollage vertical et atterrissage (VTOL) qui redéfinit les normes en matière de missions de sauvetage en milieu maritime.

Face aux défis complexes posés par les situations d'urgence en mer, notre drone VTOL offre une solution polyvalente et efficace. Doté de capacités de décollage vertical, ce drone peut être rapidement déployé depuis diverses plateformes. Sa conception a été minutieusement élaborée pour garantir une performance optimale tout en maintenant une empreinte écologique minimale.

Au-delà de la technologie de pointe, notre drone de sauvetage en mer est équipé de capteurs, d'une caméra et de systèmes de communication. Ces fonctionnalités avancées permettent au drone de localiser rapidement et avec précision les personnes en détresse en mer, fournissant ainsi des informations cruciales pour coordonner des opérations de sauvetage rapides et efficaces.

Nous sommes impatients de démontrer comment notre drone VTOL peut répondre aux exigences et à sa mission de sauvetage en mer. Notre engagement envers l'innovation, la sécurité et l'efficacité se reflète dans chaque aspect de ce projet.

Partie 1

Présentation

1.1 Contexte et mission : sauvetage en mer

Tout d'abord, notre école d'ingénieur SeaTech étant situé à Toulon, première base navale française et premier port de défense d'Europe, et ayant une identité tournée vers le maritime, il nous a paru naturel d'orienter la mission de notre drone vers ce dernier. De plus, sur la côte d'Azur, nous imaginons que les besoins de sauvetage en saison estivale sont amplifiés. C'est pourquoi, nous voulons que notre drone puisse apporter assistance à une personne en mer. Cela passe par sa détection, avec le renvoi d'une coordonnée GPS aux sauveteurs, et par l'assistance d'une bouée de sauvetage en attendant les sauveteurs. Ces informations sont représentées sous un diagramme bête à corne ci-dessous (1.1).

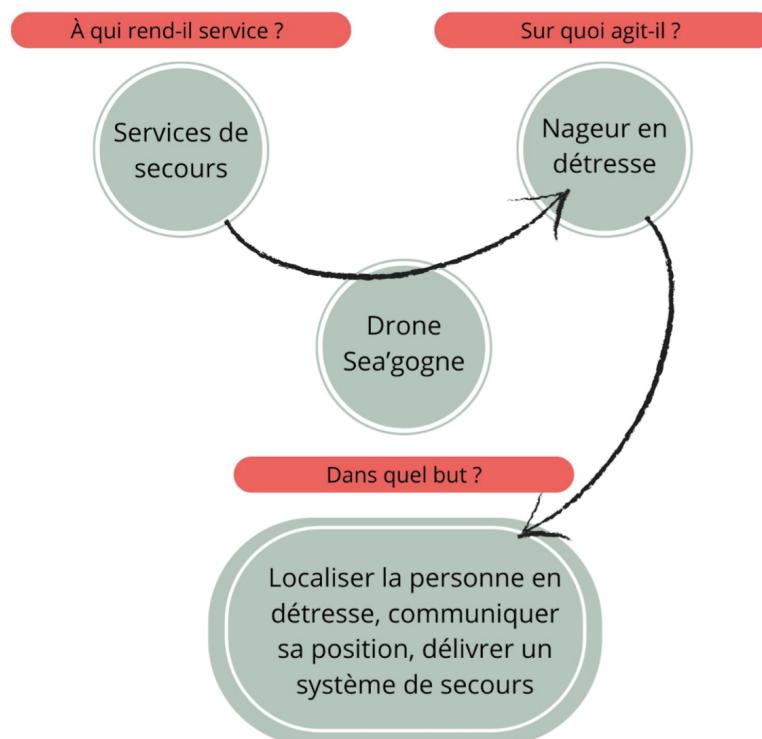


FIGURE 1.1 – Diagramme bête à corne

1.2 Fonctionnalités et diagrammes techniques

Diagramme des interacteurs

La réalisation de notre drone nécessite de comprendre les liens qui l'unissent aux différents acteurs qu'il rencontrera, dans le but de déterminer l'environnement dans lequel il devra évoluer. Cet environnement conditionne les fonctions de notre drone, divisées en deux types : les principales (FP) et contraintes (FC).

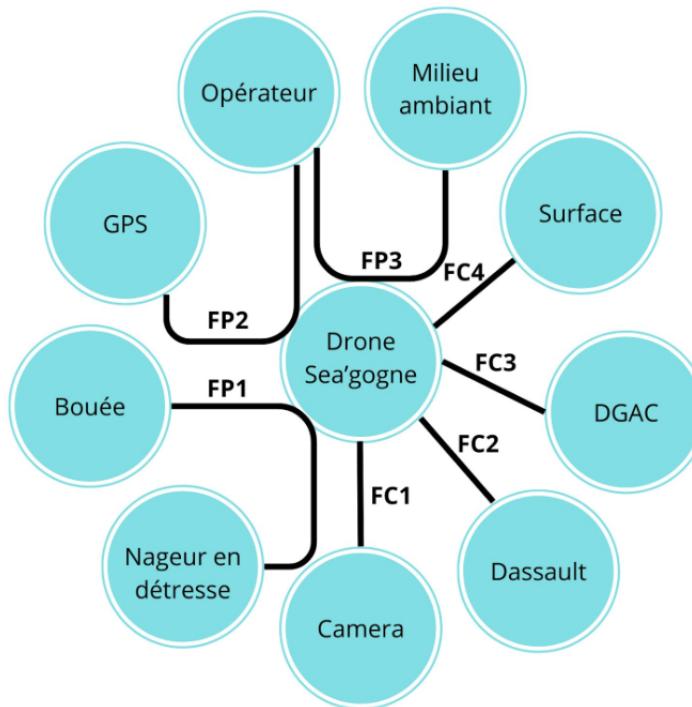


FIGURE 1.2 – Diagramme des interacteurs

FP1	Piloter le drone dans son environnement
FP2	Larguer la bouée de manière sûre et précise au nageur
FP3	Fournir la position du drone à l'opérateur et permettre à l'appareil de se rendre à un point précis
FC1	Visualiser l'environnement et détecter le nageur en détresse afin de se positionner
FC2	Respecter les contraintes obligatoires et importantes imposées par Dassault dans le cadre du Dassault UAV Challenge 2024
FC3	Respecter les normes de la DGAC appliquées aux UAV de catégorie C2
FC4	Décoller sur une distance courte et tout type de sol

FP1	Piloter le drone dans son environnement
FP2	Larguer la bouée de manière sûre et précise au nageur
FP3	Fournir la position du drone à l'opérateur et permettre à l'appareil de se rendre à un point précis
FC1	Visualiser l'environnement et détecter le nageur en détresse afin de se positionner
FC2	Respecter les contraintes obligatoires et importantes imposées par Dassault dans le cadre du Dassault UAV Challenge 2024
FC3	Respecter les normes de la DGAC appliquées aux UAV de catégorie C2
FC4	Décoller sur une distance courte et tout type de sol

FIGURE 1.3 – Tableau des fonctions : principales et complémentaires

Contraintes détaillées

Les exigences que nous détaillons ci-dessous correspondent aux valeurs du prototype et peuvent donc être imparfaites ou simplifiées. Certaines valeurs seront donc sûrement à modifier à la suite de nos tests.

Diagramme FAST

Fonctions de service	Critères d'appréciations	Niveaux d'appréciations	Flexibilité	
			Limite d'acceptation	Classe
FP 1 : Piloter le drone dans son environnement	Propulsion (puissance moteur)	2x 300W	>2 x 300W	F1
	Vitesse horizontal	80 km/h		F2
	Vitesse vertical	2m/s		F2
	Altitude (niveau mer)	120m	min 80 m	F1
	Portée communication	> 500m		F1
FP 2 : Larguer la bouée de manière sûre et précise au nageur	Capacité de charge	500g		F1
	Dispositif de largage	Gachette + Filin		F1
	Précision largage	± 30cm		F1
FP 3 : Fournir la position du drone à l'opérateur et permettre à l'appareil de se rendre à un point précis	Récepteur GPS	Position exacte	± 2m	F1
FC 1 : Visualiser l'environnement et détecter le nageur en détresse afin de se positionner	Caméra	Résolution de 1920x1080		F1
	Précision du positionnement	Position exacte	± 0.5m	F1
FC 2 : Respecter les contraintes obligatoires et importantes imposées par Dassault dans le cadre du Dassault UAV Challenge 2024	Bouton d'arrêt d'urgence	Effet immédiat		F0
	Suivre une trajectoire	Précision de 3m		F0
	Respecter un périmètre de vol	100x50x120m		F0
	Capacité de vol autonome			F0
	Retour du drone si perte de signal			F0

FIGURE 1.4 – Tableau des fonctions : principales et complémentaires

	Retour niveau batterie	Précision au %		F1
	Retour paramètres de vol			F1
FC 3 : Respecter les normes de la DGAC appliquées aux UAV de catégorie C2	Poids	< 4kg (classe C2)		F0
	Dispositif de signalement à distance	Portée de 1km		F0
	Fonction de géovigilance			F0
FC 4 : Décoller sur une distance courte et tout type de sol	Système VTOL			F0
	Switch mode avion-hélicoptère	Durée de l'opération : 2 secondes		F1

FIGURE 1.5 – Tableau des fonctions : principales et complémentaires

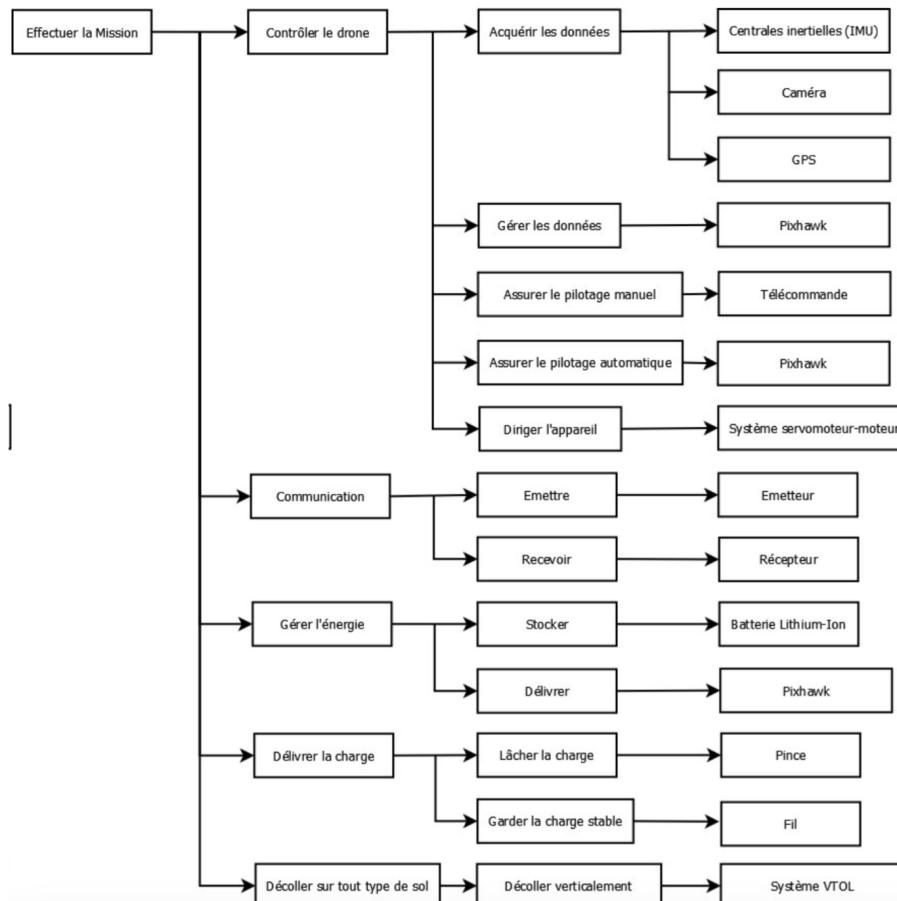


FIGURE 1.6 – Diagramme FAST

Partie 2

Réalisation fonctionnelle du drone

2.1 Structure du drone

Dans cette partie, nous présenterons la structure du drone et les choix qui ont été fait quant à cette dernière.

2.1.1 Fuselage

2.1.2 Aile

Profil et dimensionnement des ailes

Pour le profil de nos deux ailes, nous avons choisi le profil NACA 4412. En effet, c'est un profil qui est stable sans décrochage brutal du coefficient de portance (2.1). D'autre part, dans notre cas d'utilisation, nous ne faisons pas de voltige donc il n'aurait pas été judicieux de prendre un profil symétrique par exemple.

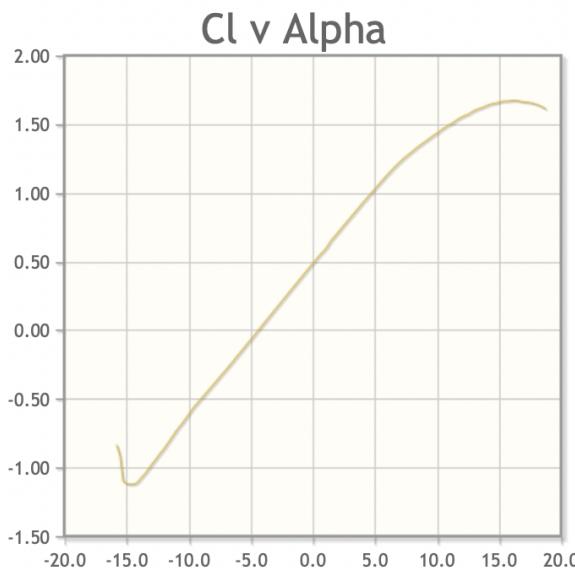


FIGURE 2.1 – Courbe du coefficient de portance en fonction de l'incidence

Nous avons par la suite calculé la surface à l'air de notre aile. Pour cela, nous avons utilisé l'expression de la portance.

$$F_p = \frac{1}{2} \rho S C_z v^2$$

Avec C_z le coefficient de portance.

Nous déterminons ainsi la surface.

$$S = \frac{2F_p}{\rho C_z v^2}$$

à confirmer

Nous réalisons les calculs lorsque la force de portance égalise celle du poids du drone : $F_p = P$. Avec une masse de $m = 1\text{kg}$, nous trouvons $F_p = 9,81\text{N}$. Nous choisissons un angle d'incidence de 6° ce qui nous donne un coefficient de portance $C_z = 1,2$.

Nous trouvons après application numérique une surface de $S = 1,265\text{m}^2$, avec $\rho = 1,292\text{kg/m}^3$ et $v = 10\text{m/s}$.

Nous décidons ainsi de dimensionner notre aile de 60cm de longeur et 20cm de large.

Conception de l'aile

Notre aile est conçue en polystyrène. Elle est découpée à l'aide d'une découpeuse à fil chaud. Après avoir réalisé la modélisation sur Catia du profil de l'aile, nous l'envoyons à la découpeuse.

[photo Catia](#), [photo résultat](#)

2.1.3 Systèmes moteur

2.1.4 Structure entre le fuselage et les moteurs : tubes

Nos systèmes moteur sont reliés au fuselage par l'intermédiaire de tubes creux en aluminium. Pour cela, nous devons mener une étude pour choisir judicieusement les dimensions de ce tube.

Tout d'abord, étant donné que notre aile fait une longueur de 60cm, nous choisissons de prendre un tube d'une longueur de 70cm. En effet, nous devons prendre en compte également le support en bout de tube en plus de l'aile.

Dans un second temps, nous devons choisir le diamètre du tube. Nous avons donc fait une étude de résistance des matériaux afin de le déterminer en fonction de la limite d'élasticité de l'aluminium et les paramètres de notre système.

Cela nous a amener à calculer le diamètre dans trois cas (2.3) :

- Cas 1 : drone à l'arrêt, le tube supporte la force du poids (P),
- Cas 2 : drone en vol vertical, le tube supporte la force du poids (P) et la force moteur (F),
- Cas 3 : drone en vol horizontale, le tube supporte la force du poids (P), la force moteur (F) et la force linéaire de la portance (w) sur toute l'aile.

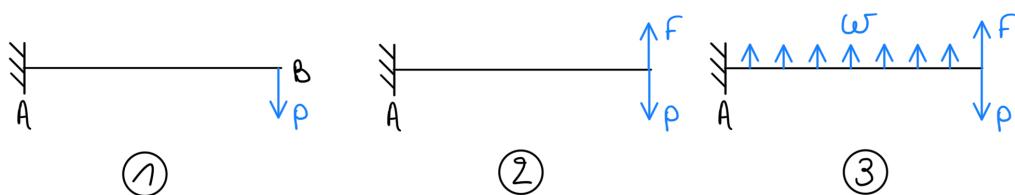


FIGURE 2.2 – Schémas des 3 cas d'étude de poutre en flexion

résultat

Pour confirmer nos calculs théoriques, nous avons décidé de faire une simulation sur Abaqus.

résultat

Nous avons également réalisé l'expérience afin de valider notre structure.

résultat

2.1.5 Empennage

L'empennage de notre drone est un empennage classique position basse. Cette empennage permet de venir stabiliser le vol de notre drone. L'empennage, comme les ailes, est en polystyrène. Il est découpé au fil chaud.

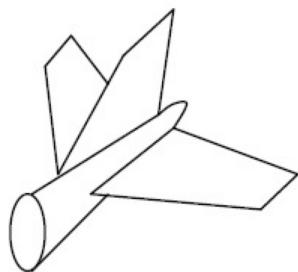


FIGURE 2.3 – Représentation de l'empennage

2.2 Contrôle du drone

- 2.2.1 Système électronique
- 2.2.2 Interface de commande
- 2.2.3 Automatisation

Partie 3

Réalisation de la mission : systèmes de sauvetage

3.1 Système de détection

Notre mission consiste à envoyer le drone de manière autonome pour déposer une bouée à une personne en mer. Nous devons avoir un moyen de détecter les humains dans un périmètre donné. Nous avons donc opté pour une détection par caméra de la personne. Le choix le plus simple et le mieux adapté serait d'utiliser une caméra thermique pour détecter les zones chaudes. Il suffit donc de repérer ces zones et d'envoyer une image de confirmation à la station de contrôle pour s'assurer qu'il s'agit bien de la personne à secourir. Cela présente l'avantage d'être très simple à mettre en place et fonctionne de jour comme de nuit. Cependant, le coût de ces caméras est exorbitant, donc il nous est impossible d'en acquérir une d'une résolution suffisante cette année.

Nous avons donc opté pour une approche avec une caméra classique couplée à un algorithme d'apprentissage supervisé de détection d'objet. Afin de déterminer si la technique pouvait fonctionner, nous avons pris nos nageurs les moins frileux et les avons photographiés dans la mer sous différents angles. Au total, nous avons recueilli plus de 1000 images que nous avons annotées avec une seule classe (noyé), soit un total de 2000 instances de nageurs que nous avons fournies à notre intelligence artificielle. Nous avons utilisé YOLOv8, car c'est la version la plus récente de la série YOLO et qu'elle est plus simple à entraîner que ses prédecesseurs tels que Darknet YOLO.



FIGURE 3.1 – Image d'origine

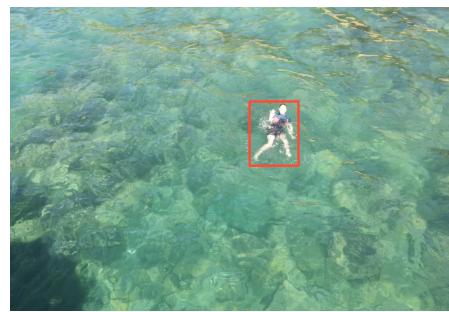


FIGURE 3.2 – Image après détection du noyé

Nous avons choisi la version "medium" de YOLOv8, car elle offre un bon compromis entre le nombre de paramètres et la performance de détection. Ensuite, nous avons fait tourner l'algorithme sur quelques vidéos inconnues du modèle sur une GTX 1070 et ainsi pu détecter les

zones où se trouvaient des personnes dans l'eau, ainsi qu'un pourcentage de confiance.

Les résultats étaient excellents grâce aux conditions de visibilité quasi identiques à l'apprentissage, mais nous pouvons sans problème étendre la base de données en changeant d'endroit, d'heure et de météo afin de garantir une détection optimale pour toutes les conditions. Nous sommes conscients que nous n'aurons pas une puissance de calcul aussi importante qu'une GTX 1070 sur notre drone en raison des coûts et du poids. Cependant, il reste des étapes importantes d'optimisation telles que la quantification et l'élagage, le passage de python à OpenCV en C++. De plus, nous ne sommes pas contraints de faire tourner le modèle à 60 fps, car les images seront sensiblement les mêmes. En cas de temps de traitement trop long, nous pouvons toujours passer à un modèle plus léger, mais dans notre cas, il est préférable de prendre plus de temps pour faire une inférence plutôt que mettre peu de temps, et avoir des détections manquées.

Une vidéo présente les résultats obtenus sur le lien suivant : [mettre lien yt](#)

3.2 Système de largage

Partie 4

Estimation du coût

Partie 5

État d'avancement du prototype

Conclusion