

## CONTEXTE

Que ce soit dans le monde de la recherche ou dans les différents domaines dans lesquels sont utilisés les drones et tout particulièrement les AUV ou USV, l'une des grandes difficultés rencontrées est très certainement celle du docking. En effet, cela peut se révéler dans le meilleur des cas fastidieux (dans le cas où la manoeuvre est manuelle par exemple) et dans le pire des cas difficile voire dangereux pour le drone (dans le cas d'une mer agitée par exemple). Dans le cas d'une mission autonome loin du bateau, on comprend qu'il peut être très intéressant de développer une solution de docking autonome, permettant au drone de revenir vers sa base tout seul et avec précision. L'objectif de ce projet Guerlédan sera donc de développer cette solution en s'intéressant au cas d'un USV sur le lac.

## OBJECTIFS

**Concevoir une architecture permettant un docking autonome**

Points essentiels :

- Planifier et réaliser le retour vers le dock.
- Assurer la communication drone-dock.
- Assurer une précision suffisante.

## MATÉRIEL

Le projet se décompose en 3 parties essentielles

### Drone

L'USV est le *M1800 d'IMSolutions*. Il contient toute une batterie de capteur, mais nous utiliserons seulement sa centrale inertielle *SBG Ellipse D*, ainsi que le GPS à double antenne.



### Dock

L'électronique du dock est concentré dans une boîte étanche. Elle est composée d'une *NVIDIA Jetson Nano*, une centrale inertielle *SBG Ellipse A*, un récepteur GNSS *ublox* monté sur une carte *ArduSimple*, un modem *SIMPULSE* pour la communication avec le drone et une antenne radio *Xbee* pour recevoir les corrections RTK.



### Rover

Un rover *AION R1* de *AION Robotics*, fourni pour tester nos algorithmes à l'école, où nous n'avions pas accès au drone.



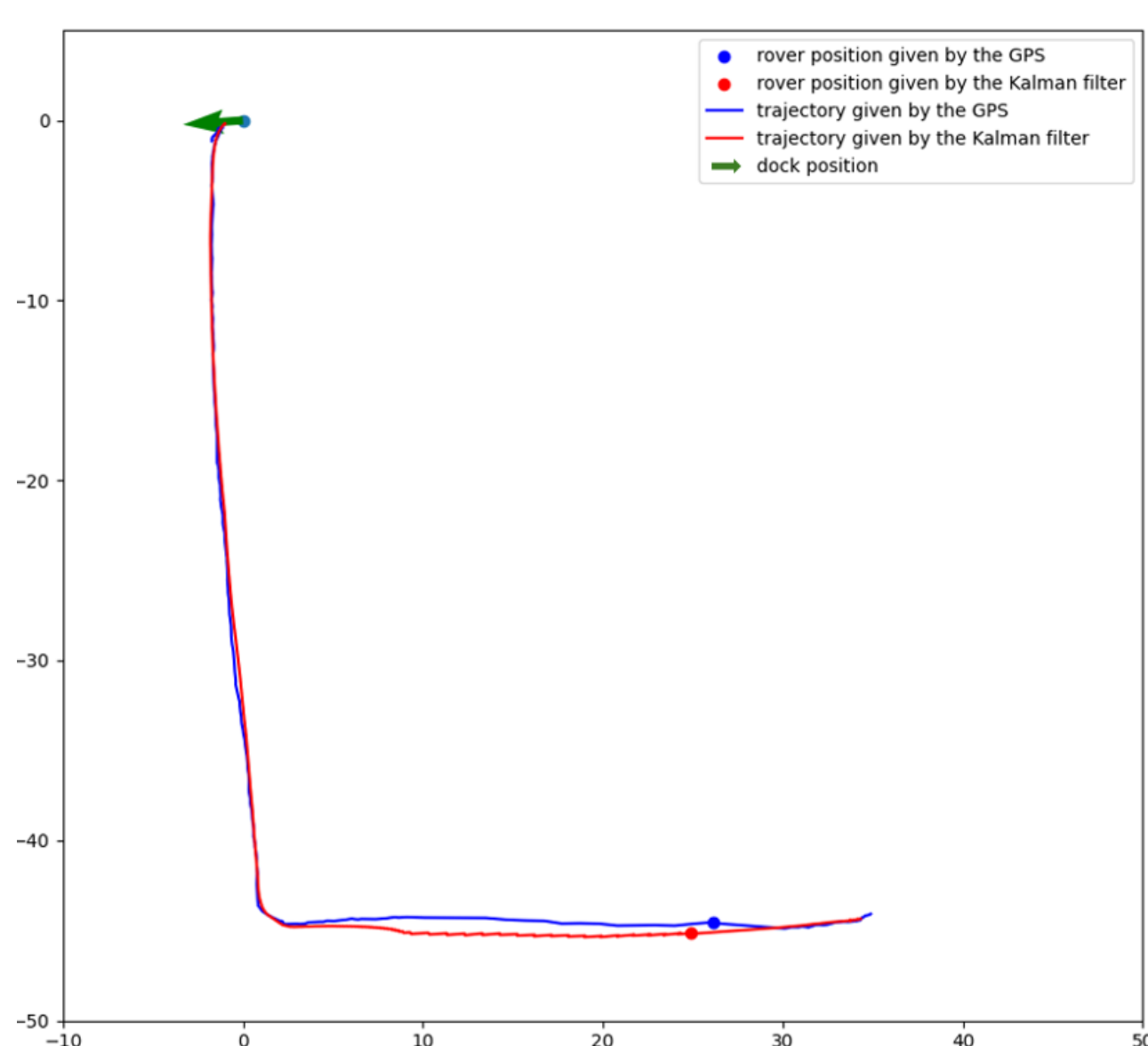
## STRATÉGIE D'APPROCHE

### Filtre de Kalman

Afin d'améliorer notre approche et compenser les différentes fréquences capteurs ainsi qu'incertitudes, nous avons décidé d'implémenter un filtre de Kalman en partant du modèle cinématique suivant:

$$\begin{pmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{z} \\ \dot{\psi} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(\varphi) \cos(\psi) & 0 \\ \cos(\varphi) \sin(\psi) & 0 \\ -\sin(\varphi) & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v \\ \omega \end{pmatrix}$$

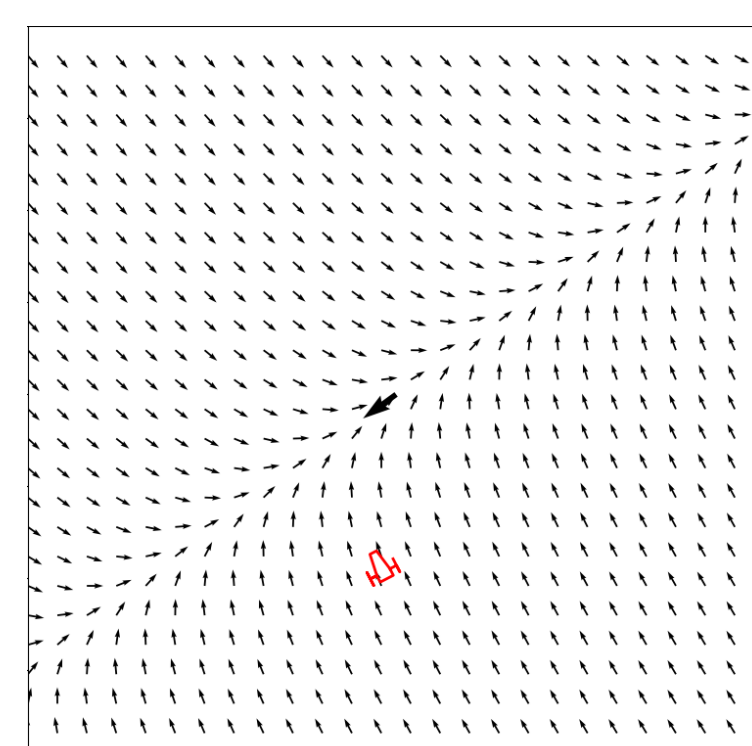
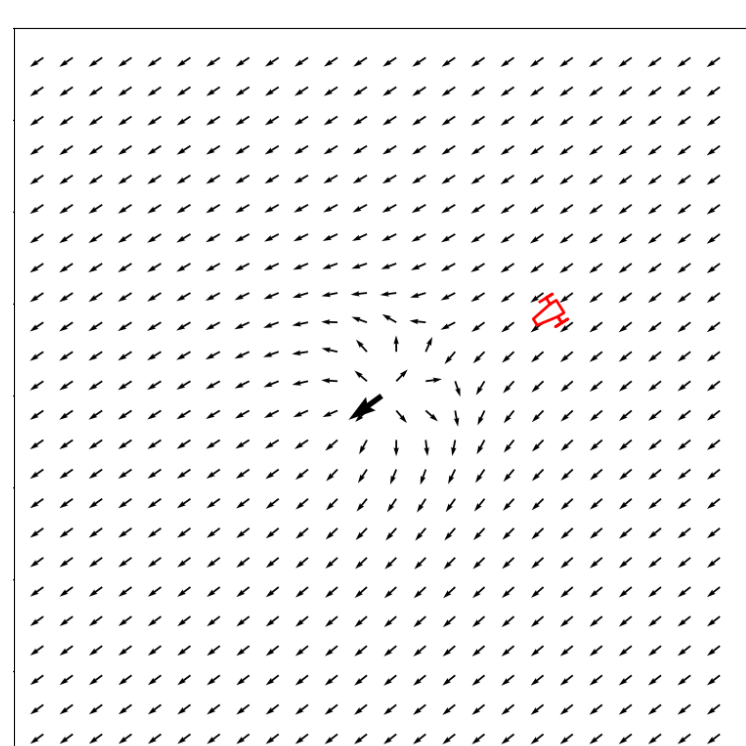
Avec  $(x, y, z)$  la position du drone dans le repère ENU,  $\varphi$  l'assiette et  $\psi$  le cap. Ici, le modèle est issu de celui de Dubins, contrôlé en vitesse linéaire et angulaire sur le cap, étant donné que le contrôle du drone se fait de cette manière.



Ici, on peut comparer la position brute renvoyée par le GPS et la position estimée renvoyée par notre filtre de Kalman. Cette comparaison correspond à un docking attendu avec le rover sur le stade de l'ENSTA. Les deux positions restent proches, mais l'utilisation de Kalman, notamment la partie prédictive du filtre, permet de compenser la faible fréquence de mise à jour des données GPS.

### Guidage par champ de potentiel

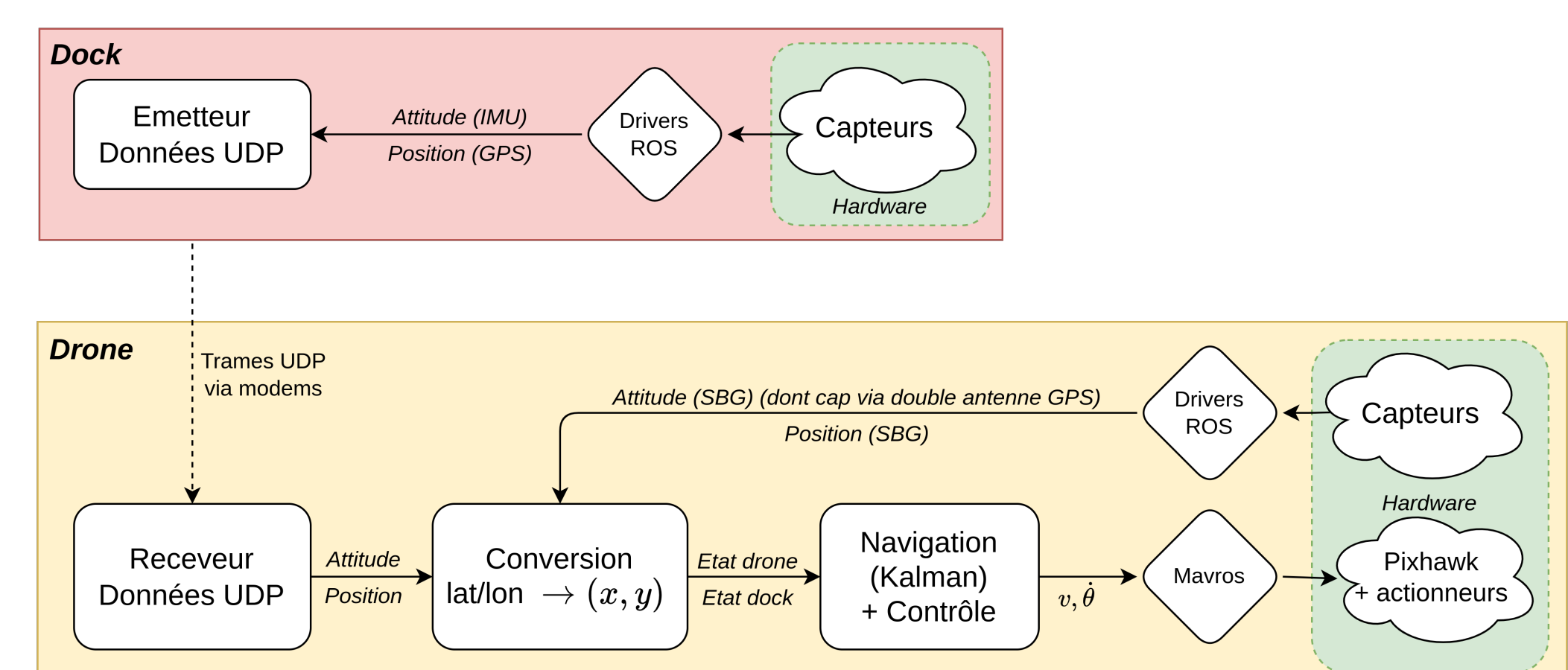
L'approche se fait en deux phases selon la position initiale. Si il se situe derrière le dock, le drone va vouloir se placer du bon côté puis entamer sa procédure de docking. Dans le premier cas, le champ est constant dans la direction du cap du dock, dans le second, on considère une ligne attractive alignée sur le dock.



A gauche, la phase de mise en place, à droite, la phase de docking

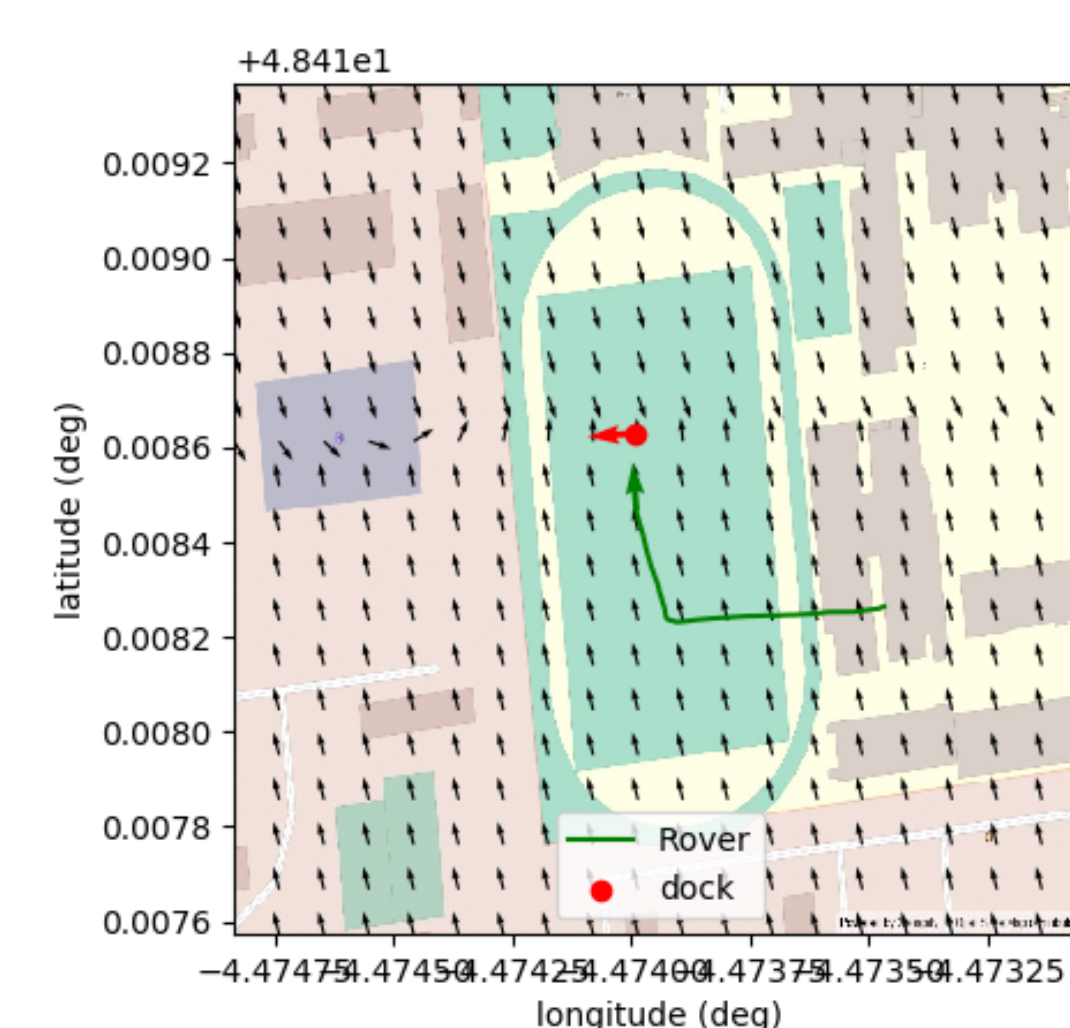
## ARCHITECTURE LOGICIELLE

Pour ce projet, nous avons travaillé sous *ROS Melodic*. Du aux contraintes inhérentes au middleware, nous avons estimé qu'il était plus simple que le dock et le drone communiquent via des trames UDP.



## CONCLUSION

Ci-dessous l'algorithme essayé sur le stade de l'ENSTA avec le rover.



Cependant, il peut être intéressant pour la suite d'améliorer le processus en utilisant d'autres capteurs qu'uniquement la centrale inertielle et le GPS. On pourrait par exemple utiliser une caméra et un capteur lidar une fois assez proche du dock pour plus de précision.

Les auteurs tiennent à remercier :

- La base nautique de Guerlédan pour leur accueil.
- Nos encadrants pour leur aide et disponibilité au cours du projet.
- Simon Rohou pour l'organisation de tout le projet Guerlédan.

Cette étude a été réalisée durant l'année scolaire 2023-2024 dans le cadre du projet Guerlédan de 3ème année du cycle Ingénieur de l'ENSTA Bretagne, spécialité "Robotique".