



# Conception d'un sous-marin autonome

Laurie Béliveau, Bastien Côté, Thomas Germain, Mathieu Labranche, Gabriel Tremblay, Marc-Antoine Perreault, Simon Venne  
Université du Québec à Trois-Rivières, Québec, Canada

## INTRODUCTION

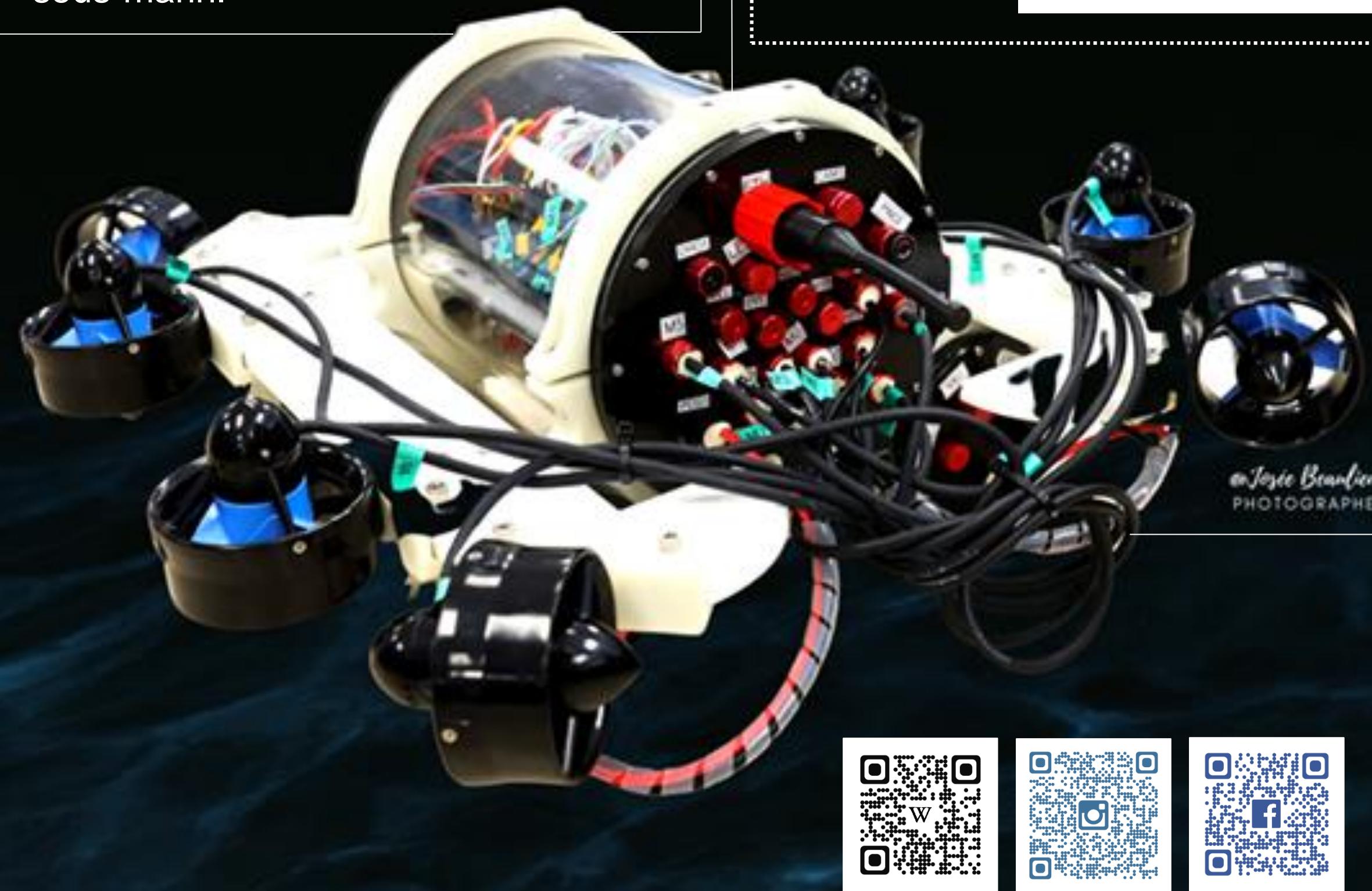
ASUQTR est une association étudiante regroupant divers domaines de l'ingénierie, dont le but ultime est la participation à la compétition internationale RoboSub qui se déroule annuellement à San Diego. Depuis 2017, les membres de l'équipe œuvrent sur un prototype de véhicule sous-marin qui réalisera des explorations marines composées de multiples défis spécifiques à l'édition de la compétition, et ce sans intervention humaine.

## OBJECTIFS

L'objectif principal de ce projet est de concevoir un sous-marin dont l'exploration et l'exécution de tâches prédéfinies sont entièrement autonomes.

### Objectifs spécifiques:

- ❖ Avoir un système électrique fiable et complet.
- ❖ Intégration des composantes «Hardware» au réseau ROS du sous-marin.
- ❖ Permettre au sous-marin d'effectuer des tâches complexes de façon autonome.
- ❖ Concevoir les cartes électroniques propres à chaque système électrique du sous-marin.
- ❖ Asservir la position du sous-marin en implémentant la méthode LQR.
- ❖ Implémentation du calcul de la direction du «pinger» sur FPGA (Field-programmable gate array).
- ❖ Avoir un modèle de détection d'objets fiable avec une précision d'au moins 85%.
- ❖ Créer une architecture logicielle pour l'ensemble des sous-systèmes du sous-marin.



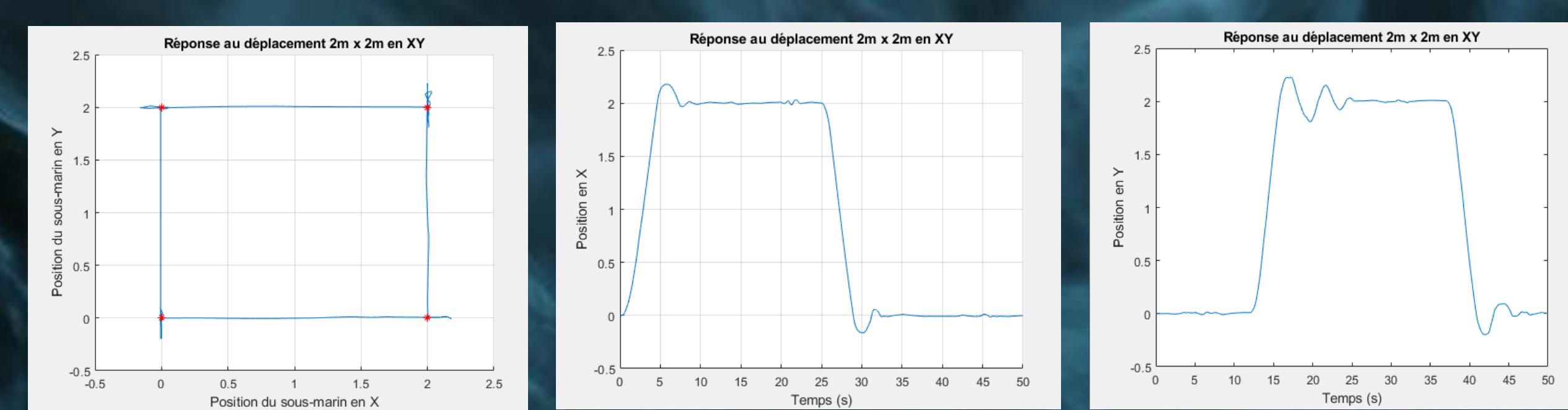
## REMERCIEMENTS



## MÉTHODOLOGIE

### ASSERVISSEMENT LQR

- ✓ Création d'un modèle d'asservissement LQR sur SIMULINK
- ✓ Conversion du modèle SIMULINK en langage PYTHON
- ✓ Réalisation de tests pratiques en piscine selon les résultats de simulations



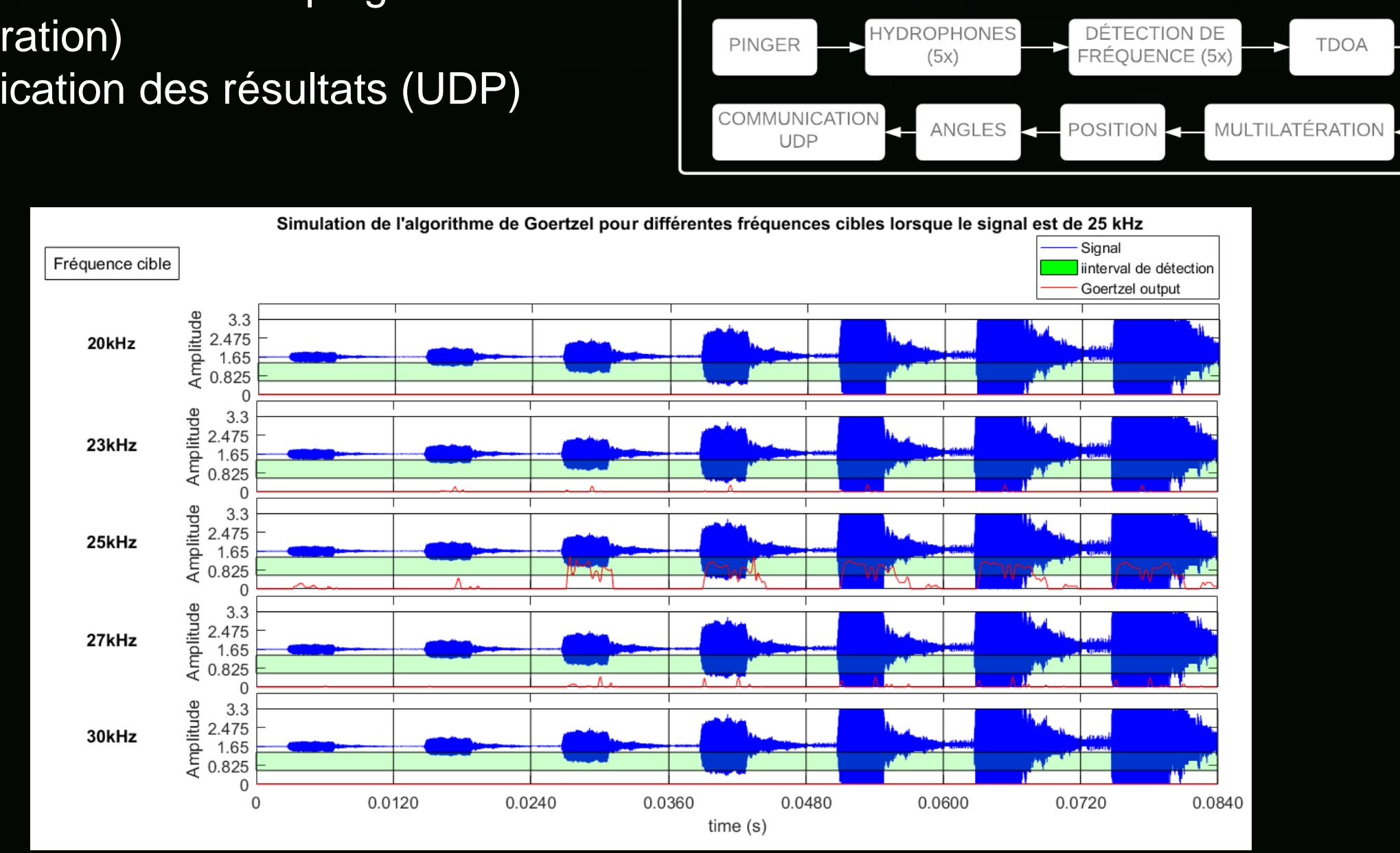
### TRAITEMENT VIDÉO

- ✓ Entrainements de modèles de type réseau de neurones
- ✓ Construction des «jeux de données»
- ✓ Implémentation du modèle
- ✓ Réalisation de tests pratiques



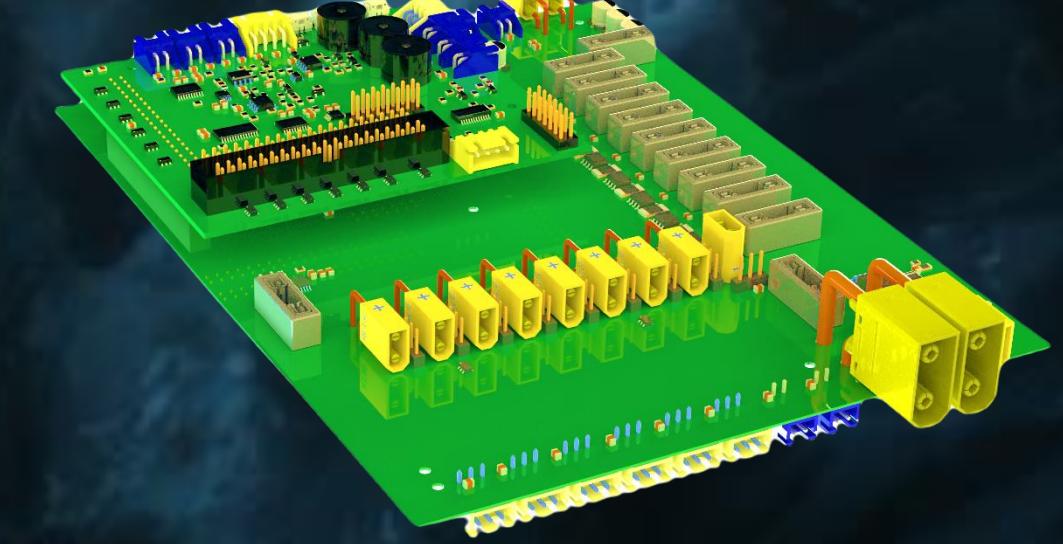
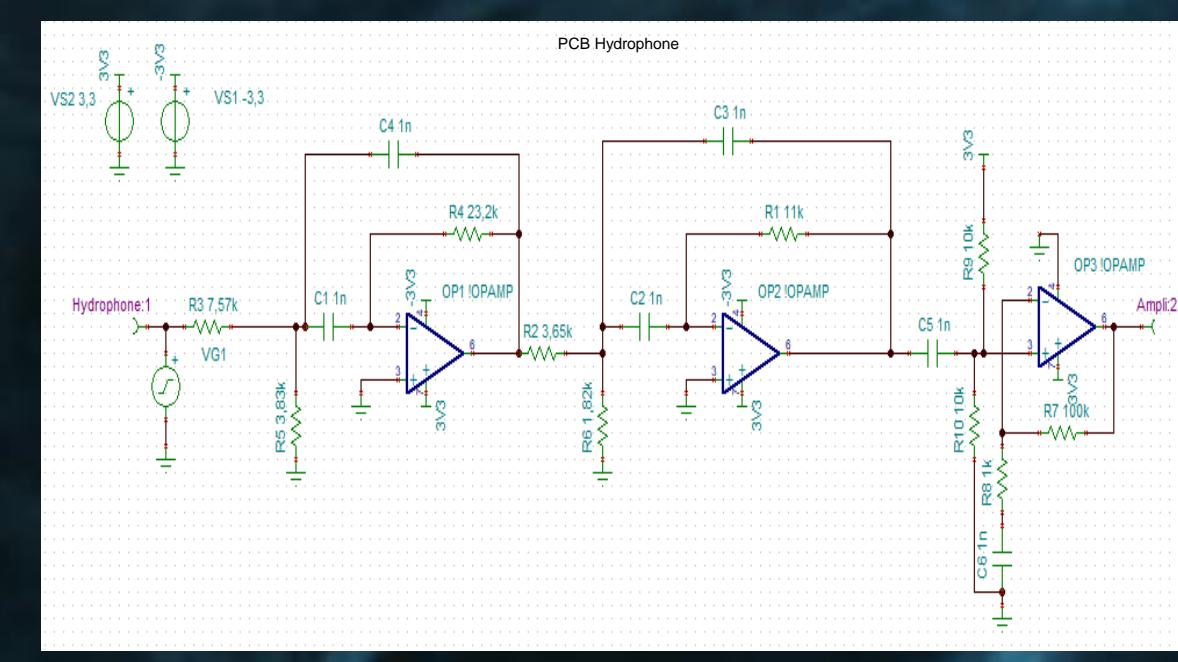
### TRAITEMENT NUMÉRIQUE DES HYDROPHONES

- ✓ Acquisition des signaux à l'aide d'hydrophones
- ✓ Détection de la fréquence du signal (algorithme Goertzel)
- ✓ Calculer les délais du signal relatifs aux hydrophones
- ✓ Calculer la direction du «pinger» (multilatération)
- ✓ Communication des résultats (UDP)



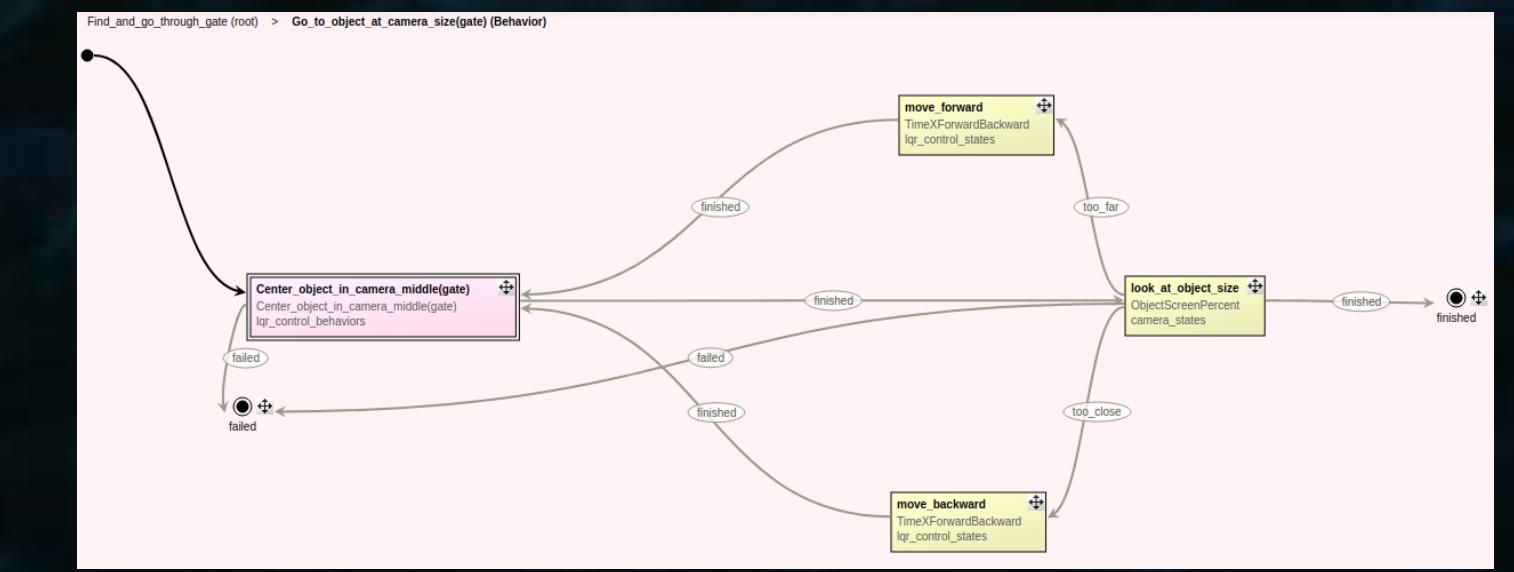
### GESTION DE L'ÉLECTRONIQUE / CARTES ÉLECTRONIQUES

- ✓ Réalisation de simulations sur ALTIUM DESIGNER et de tests électriques pratiques
- ✓ Prévoir l'ensemble des modules et composantes nécessaires au sous-marin
- ✓ Réalisation de circuits imprimés pour chaque système électronique



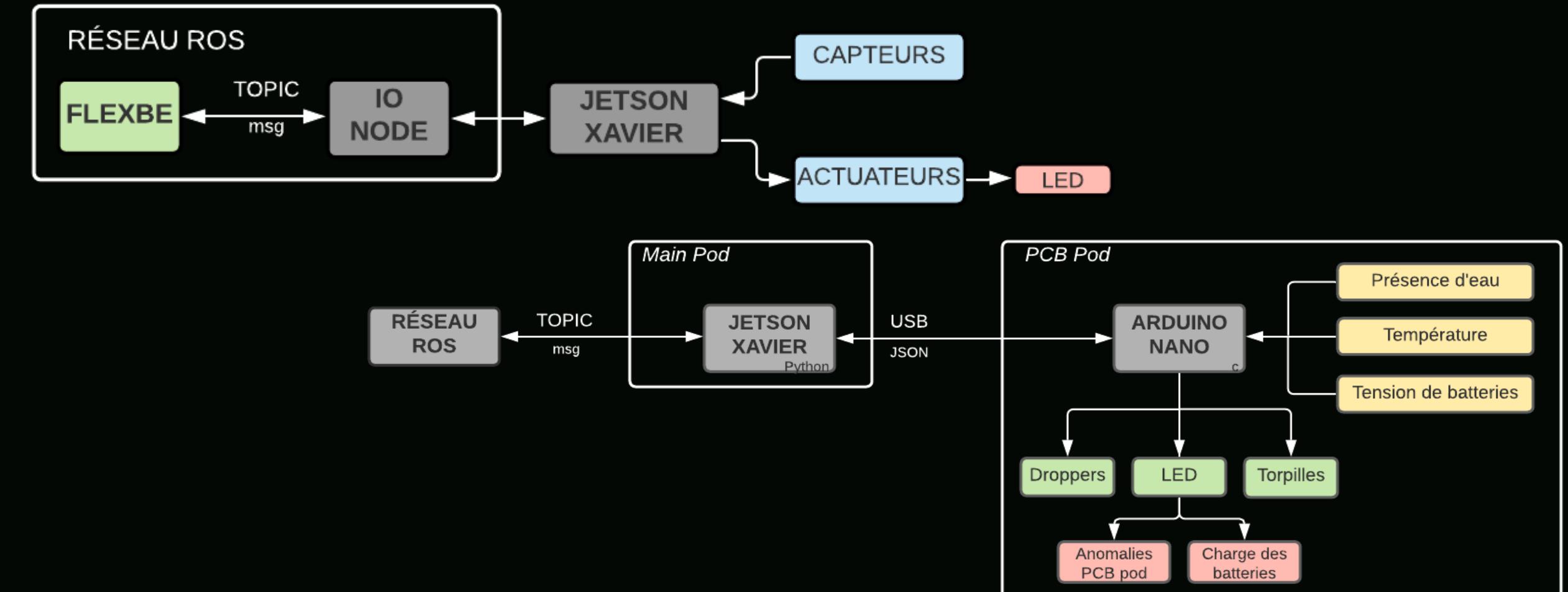
### COMPORTEMENT AUTONOME

- ✓ Programmation d'états spécifiques à une tâche simple et précise
- ✓ Réalisation de comportements simples en regroupant plusieurs états
- ✓ Réalisation de comportements complexes composés de comportement simples et d'états



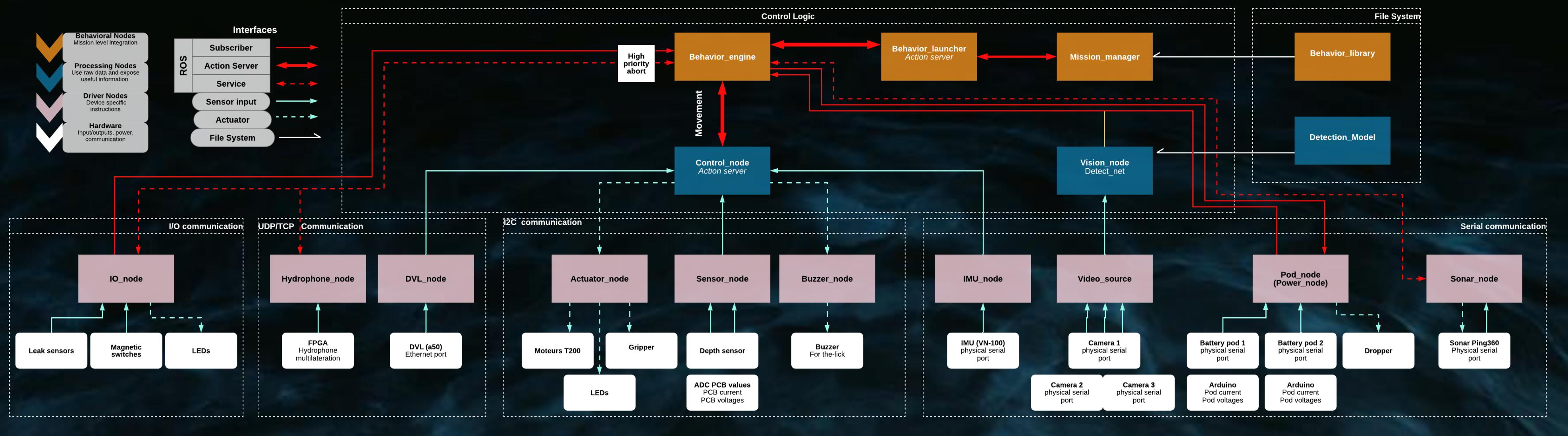
### PROGRAMMATION EMBARQUÉE

- ✓ Programmation des entrées/sorties spécifiques aux capteurs et actuateurs
- ✓ Programmation du transfert des données



### DÉVELOPPEMENT DE L'ENVIRONNEMENT DE PROGRAMMATION

- ✓ Programmation et implémentation des sous-systèmes
- ✓ Réalisation de tests d'intégration spécifiques aux sous-systèmes



## RÉSULTATS ET DISCUSSION

À ce stade des travaux, le sous-marin ASUQTR a acquis plusieurs systèmes lui permettant de se rapprocher du but principal, soit l'autonomie complète. L'asservissement LQR est fonctionnel en simulation et le transfère du langage C vers le langage PYTHON est entièrement réalisé. La carte électronique de distribution de puissance est imprimée, assemblée et fonctionnelle. Aussi, le circuit du traitement de signaux des hydrophones, de même que plusieurs circuits de contrôle de modules principaux ont été testés. Par ailleurs, la première version du circuit de contrôle des tubes de batteries est finalisée. Les torpilles, les «droppers», les LED indiquant le comportement du sous-marin sont intégrés au réseau ROS et testés. En ce qui a trait les hydrophones, il est dorénavant possible de faire l'acquisition de signaux, d'en calculer la fréquence et les délais associés et d'effectuer le calcul permettant de connaître la direction des «pingers». Au niveau du traitement vidéo, des résultats de 85% de précision et 18 images/s sont obtenus, ce qui garantit un niveau de fiabilité du système satisfaisant. D'autres parts, le sous-marin possède maintenant une architecture logicielle fiable, modulaire et fonctionnelle. Enfin, plusieurs états FLEXBE ont été développés permettant la réalisation de comportements complexes résultant en un gain d'autonomie.

À l'été 2021, chacun des objectifs spécifiques devraient être atteints et testés en piscine garantissant ainsi l'atteinte de l'autonomie visée pour la participation à la compétition RoboSub en août prochain.

## BIBLIOGRAPHIE

1. *ArduinoJson* (2014-2020) [site Web]. Consulté le 10 oct. 2020. [https://arduinojson.org/\\_2.GitHub](https://arduinojson.org/_2.GitHub) (2020) [site Web]. Consulté le 2 nov. 2020. [https://github.com/\\_3.Real\\_Python](https://github.com/_3.Real_Python) (2020) [site Web]. Consulté le 15 sept. 2020. [https://realpython.com/\\_4.ROS.org](https://realpython.com/_4.ROS.org) (2018) [site Web]. consulté le 28 fev. 2020. <http://wiki.ros.org/flexbe/Tutorials/The%20State%20Lifecycle>, 5. Philipp Schillinger, Development of an Operator Centric Behavior Control Approach for a Humanoid Robot. B.Sc thesis, Technische Universität Darmstadt, 2013, 6. Philipp Schillinger, *An Approach for Runtime-Modifiable Behavior Control of Humanoid Rescue Robots*. MSc thesis, Technische Universität Darmstadt, 2015, 7. FOSSEN, T. I. (2021). HANDBOOK OF MARINE CRAFT HYDRODYNAMICS AND MOTION CONTROL. S.I.: JOHN WILEY. Chin, C. (2013). Computer aided control system dynamics chin 2013. Boca Raton, Floride: CRC Press, 8. MATLAB. (2019, February 05). State Space, Part 4: What is LQR control? Retrieved November 16, 2020, from [https://www.youtube.com/watch?v=E\\_RDCFOIjx4](https://www.youtube.com/watch?v=E_RDCFOIjx4) , 9. Wu, C. (2018). 6-DoF Modelling and Control of a Remotely Operated Vehicle (Master's thesis, Masters by Coursework, Thesis (Masters), 2018). Adélaïde, Australie: Flinders,10. Matlab [site Web]. Consulté le 13 oct. 2020. <https://www.mathworks.com/discovery/deep-learning.html> , 11.NVIDIA Developer(11 août 2016) [site Web]. Consulté le 15 oct. 2020. <https://developer.nvidia.com>.