



POLYTECH<sup>®</sup>  
NICE SOPHIA



UNIVERSITÉ  
CÔTE D'AZUR

Polytech Nice Sophia

# Rapport final de projet

ROBO3

Victor Rossignol, Léo De Sue

Publié le 04/06/2024

## Table des matières

INTRODUCTION :	2
Schéma Electrique NEMO :	3
Algorithme de fonctionnement :	4
Coût du projet :	4
Ce que l'on aurait pu améliorer :	5
Problèmes rencontrés et surmontés :	5
Conclusion :	6
Bibliographie :	6

# INTRODUCTION :

Les massifs coralliens, véritables joyaux de la biodiversité marine, jouent un rôle crucial dans l'écosystème océanique. Ils abritent environ 25% des espèces marines, fournissent des protections côtières naturelles contre l'érosion et les tempêtes, et soutiennent les moyens de subsistance de millions de personnes à travers le monde. Cependant, ces écosystèmes fragiles sont menacés par une combinaison de facteurs anthropiques et naturels, notamment le changement climatique, la pollution, la surpêche et l'acidification des océans. La dégradation accélérée des récifs coralliens rend leur observation et leur étude plus critiques que jamais, afin de mieux comprendre les processus écologiques en jeu et de développer des stratégies de conservation efficaces.

C'est dans ce contexte urgent et vital que nous avons conçu NEMO, un robot sous-marin innovant, spécialement destiné à l'observation et à la collecte de données sur les récifs coralliens. Ce robot est capable de se déplacer dans l'environnement aquatique avec agilité et précision, tout en recueillant des informations essentielles sur les paramètres du milieu tels que le pH, la pression et la température. En plus de ses capacités de mesure, il est équipé d'un système de retransmission vidéo pour fournir une image en temps réel de l'état des coraux.

Le cahier des charges de ce robot sous-marin repose sur plusieurs critères clés pour garantir son efficacité et sa fiabilité dans des environnements marins variés :

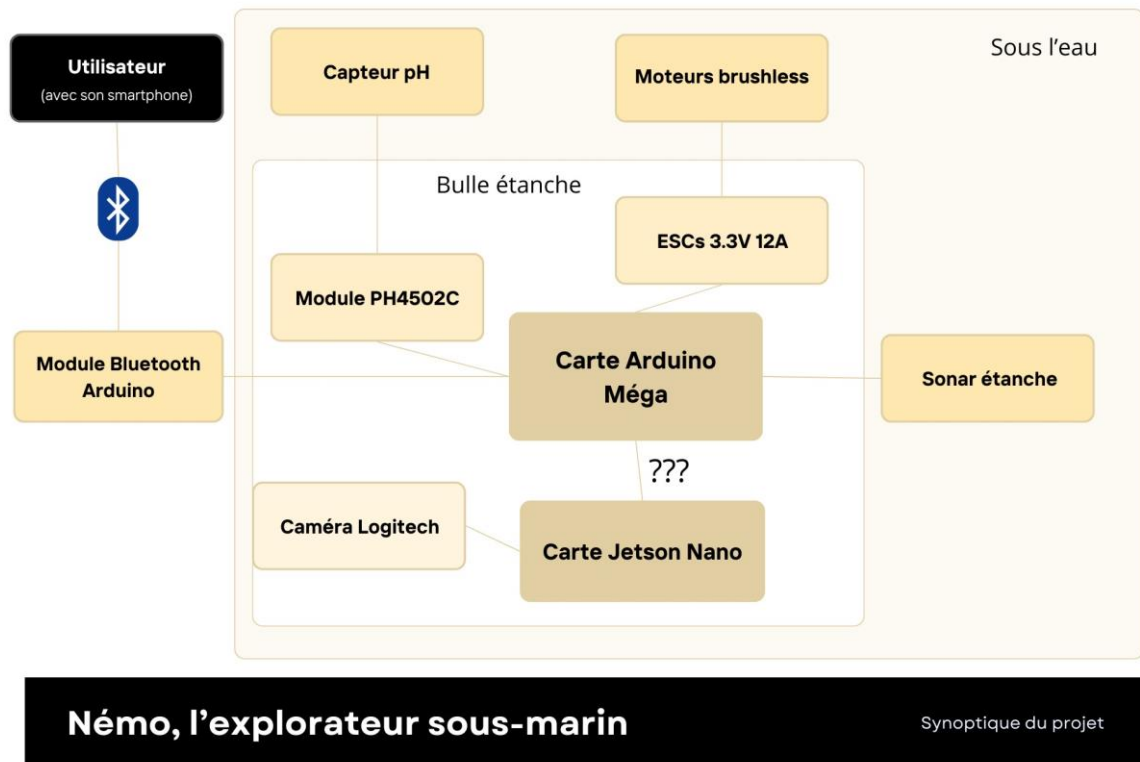
1. Capacité de mesure : Les capteurs embarqués doivent être précis et robustes, capables de mesurer le pH, la pression et la température de l'eau de manière continue et fiable (Standard 1).
2. Transmission de données : Un système de communication efficace est nécessaire pour retransmettre les données en temps réel vers une base de contrôle à la surface ou sur le rivage (Standard 1).
3. Résistance et durabilité : Les matériaux et la conception du robot doivent résister à la corrosion et aux pressions élevées rencontrées dans les environnements sous-marins profonds (Standard 1).
4. Mobilité et navigation : Le robot doit pouvoir se déplacer de manière autonome, en évitant les obstacles et en naviguant dans des zones complexes, tout en maintenant une position stable pour les relevés de données (Standard 2).
5. Qualité de l'image : Le dispositif de vidéo doit fournir des images claires et détaillées des récifs coralliens, même dans des conditions de faible luminosité ou de turbidité élevée (Standard 2).
6. Autonomie énergétique : Le robot doit posséder une source d'énergie durable permettant de longues missions d'observation sans interruption (Standard 2).

A la fin de l'été 2024, le standard 1 de NEMO s'achèvera, c'est-à-dire que le robot sera capable de relever les mesures du milieu aquatique, en étant télécommandé par un utilisateur à la surface. Il sera branché sur secteur et donc relié à l'aide d'un câble jusqu'au

bateau hôte. Ce standard est utilisé par beaucoup d'entreprises qui détiennent des robots similaires (exemple : FORSSEA Robotics). Le Standard 2 aura pour but de rendre NEMO autonome, aussi bien en consommation d'énergie, qu'en capacité de déplacement.

## Schéma Electrique NEMO :

En raison de l'absence de certains modules sur les plateformes de conception de schéma électrique, nous vous proposons ci-dessous le schéma synoptique de notre robot :



Sous l'eau :

Tous les modules reçoivent (moteurs) ou émettent (capteurs) des instructions vers la carte Arduino Méga qui contient le code permettant de piloter le robot. Ces modules utilisent tous la communication série. Pour le moment nous ne sommes pas parvenu à inclure la Jetson Nano dans le projet.

A la surface :

Le robot est comme nous l'avons expliqué relié par une gaine à la surface, contenant un câble destiné à alimenter la machine, et un autre relié à un module Bluetooth, permettant à l'utilisateur d'envoyer les instructions depuis son téléphone.

## Algorithme de fonctionnement :

Vous trouverez ci-dessous l'algorithme de fonctionnement du standard 2 de NEMO, il a été tout le long de cette année notre ligne directrice pour mener à bien la conception du robot.

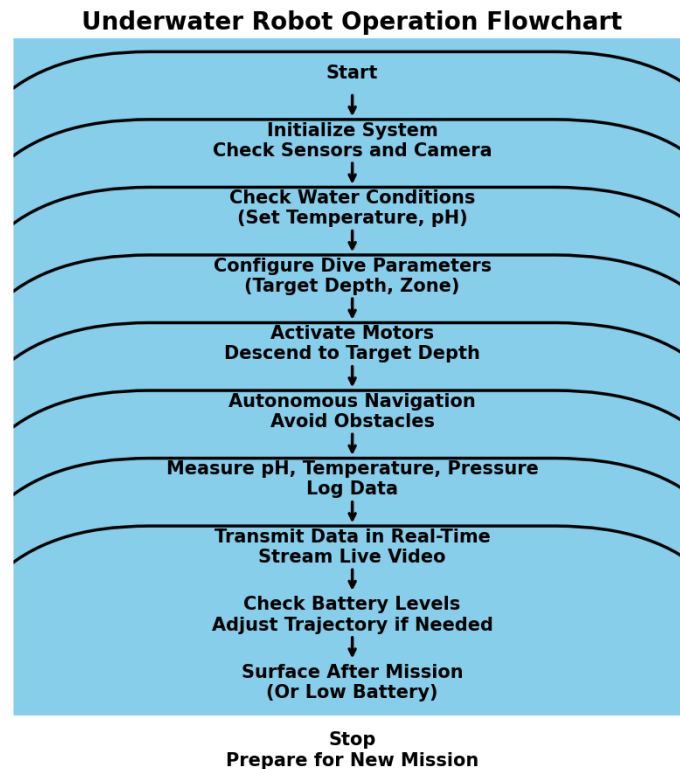


Figure 2 : Algorithme généré avec Python de notre robot.

## Coût du projet :

Dans cette partie nous allons tenter de mettre en évidence la différence entre le coût du robot d'un point de vue matériel, et d'un point de vue salarial si l'école nous embauchait en temps qu'ingénieur pour ce projet.

### Matériel :

- Commandes auprès de Mr. Masson (cylindre+bulle étanche, moteurs+ESC, sonar étanche, lumière led étanche, presses étoupes, connecteurs XT160, câbles, dominos, visserie) : valeur estimée à 700€.
- Matériel déjà présent dans la salle de robotique (carte Arduino, capteur pH, sonde pression) : valeur estimée à 100€.
- Matières premières utilisées au FabLab : environ 50€.

Total : approximativement 850€.

### Masse salariale :

Pour ce projet nous avons eu 18 séances soit 72h multipliées par 2 personnes (144h). A ceci on peut rajouter une durée approximative de 20h représentant le travail personnel.

Ce qui représente un total de 164h. Si on considère qu'un ingénieur débutant travaille 1600h par an pour une somme de 38k € brut, ceci nous donne un total de 3895€ brut pour l'intégralité du projet.

En conclusion on remarque que la masse salariale est bien plus importante pour une entreprise que le coût matériel. Dans ce cas-là, il se peut que l'achat de matériel plus performant (donc plus cher), permettent de libérer des heures aux ingénieurs, et donc obtenir une meilleure rentabilité.

## Ce que l'on aurait pu améliorer :

Lors de nos recherches initiales, nous avons passé en revue une grande variété de robots pour nous inspirer dans la création de NEMO. Cependant, nous avons surtout étudié les aspects structurels et de design de ces robots, en négligeant les aspects techniques, notamment la communication entre le robot et l'utilisateur. En effet, nous avons passé énormément de temps à réfléchir sur la manière de contrôler NEMO, en sachant que le Bluetooth et le Wi-Fi ne sont pas compatibles avec l'eau. Nous avons d'abord envisagé un contrôle filaire avec une carte ESPLORA. Ce choix s'est avéré non concluant et nous a fait perdre beaucoup de temps. Ensuite, nous avons tenté de construire nous-mêmes notre manette, un processus très chronophage que nous avons finalement abandonné pour opter pour un contrôle via un module Bluetooth flottant et une application mobile. Ce processus, souvent utilisé par les entreprises disposant de robots similaires à NEMO, aurait pu nous faire économiser énormément de temps. De plus, nous avons longuement réfléchi à la manière de faire passer nos câbles de l'intérieur de NEMO à l'extérieur. Nous avons testé diverses solutions, du joint torique à la colle, puis au mastic pour bateau, avant d'utiliser finalement des connecteurs étanches similaires à ceux utilisés sur le BlueROV 2, notre principale source d'inspiration. Ces recherches, si elles avaient été effectuées dès le début de notre projet, nous auraient permis de gagner énormément de temps sur la conception de NEMO et de présenter un projet plus abouti lors de la soutenance.

## Problèmes rencontrés et surmontés :

L'un de nos premiers soucis lors de la réalisation de NEMO a été dû à une fissure sur la bulle à la suite d'un choc. Cette fissure compromettait l'étanchéité de la structure. Commander une nouvelle bulle s'avérait trop coûteux et aurait entraîné des délais importants. Nous avons donc décidé de réparer la bulle avec de la colle acrylique, une solution qui s'est avérée concluante, car aucune fuite n'a été constatée. Un autre problème rencontré au cours du projet a été l'étanchéification du câblage. L'eau ne devait pas remonter par capillarité dans les câbles, ce qui rendait une connexion directe entre l'extérieur et la connectique à l'intérieur du tube impraticable. Pour résoudre ce problème, nous avons utilisé des connecteurs étanches. Ces connecteurs permettaient une séparation grâce à une petite plaque en métal établissant la connexion entre l'intérieur et l'extérieur. Cependant, la plaque en plexiglas commandée initialement n'était pas adaptée à ces connecteurs, car les trous déjà présents étaient trop petits. Nous avons dû recréer une plaque en plexiglas à la découpeuse laser pour qu'elle puisse accueillir correctement les connecteurs.

## Conclusion :

Le projet NEMO incarne notre initiative de vouloir créer un ROV de toute pièce pouvant se déplacer dans un milieu coralien. Au terme de la phase 1, nous avons conçu un robot capable d'évoluer sous l'eau grâce à une structure étanche et aérodynamique, équipé de capteurs permettant collecter des données environnementales sur son milieu. L'intégration de la carte Jetson Nano a permis d'étendre les capacités du robot, notamment à travers la reconnaissance de QR codes pour des applications variées comme la sensibilisation à la biodiversité marine et l'auto-localisation dans un espace délimité. Bien que des défis techniques subsistent, notamment la communication entre la Jetson et la carte Arduino, les résultats obtenus jusqu'à présent sont prometteurs pour la suite du projet bien celui-ci soit nécessitent encore de nombreuses améliorations. Le projet a également exploré des solutions alternatives pour le pilotage du robot, optant finalement pour un contrôle via téléphone en raison de contraintes de temps et de faisabilité technique. Cependant, l'utilisation d'une manette Xbox reste une option à envisager pour améliorer l'expérience utilisateur. En conclusion, le projet NEMO démontre un potentiel considérable dans l'intégration d'IA embarquée pour le suivi et la préservation des écosystèmes marins. Avec les améliorations futures, nous espérons non seulement perfectionner les capacités de reconnaissance et de contrôle du robot, mais pourquoi pas plus tard lui intégrer un algorithme d'autonomie totale grâce à l'IA, afin de contribuer de manière significative à la protection des récifs coralliens et à la sensibilisation de la biodiversité marine.

## Bibliographie :

Ci-dessous les sites internet nous ayant aidés pendant nos recherches.

Vidéo moteur Brushless : <https://youtu.be/CJOATX3r0Wo?si=egM10BITsuv9YJw7>

Vidéo pour reconnaissance QR codes :  
<https://youtu.be/SrZuwM705yE?si=Mlxhkit97yiL64fU>

Robot d'inspiration : <https://bluerobotics.com/learn/bluerov2-assembly/>

Site avec les cours de Mr Masson : <https://users.polytech.unice.fr/~pmasson/CV.htm>