

IMT Atlantique

PRONTO - Projet ingénieur dans un monde en transition

Technopôle de Brest-Iroise - CS 83818

29238 Brest Cedex 3

Téléphone : +33 (0)2 29 00 13 04

Télécopie : +33 (0)2 29 00 10 12

URL : www.imt-atlantique.fr



Document de cadrage - GROUPE B83

Pronto - parcours ingénieur A1 FISE

LIVRABLE N°1 - FICHE DE CADRAGE

Compte rendu de l'état initial de notre projet selon les différents axes :
scientifique/technique et organisationnel

Date d'édition : 27 février 2025

Version : 2.0



IMT Atlantique

Bretagne-Pays de la Loire
École Mines-Télécom

Thomas Bruyère

B1 2/4

Pierre Gonot

B1 3/4

Saad-Eddine Khazari

B2 3/4

Gautier Pauliat

B1 4/4

Antonin Polette

B2 3/4

Emilien WOLFF

B2 3/4

Sommaire

1. Introduction	3
2. Cahier des charges fonctionnel	3
2.1. Présentation du système	3
2.1.1. Finalité, mission, objectifs	3
2.1.2. Liste des parties prenantes	4
2.1.3. Contexte d'utilisation du système	4
2.1.4. Diagrammes SysML	4
2.2. Expression fonctionnelle du besoin	7
2.2.1. Fonctions de service et de contrainte	7
2.2.2. Scénarios	7
2.3. Validation du besoin	8
3. Diagramme organisationnel de Gantt	8
4. Notre équipe	8
4.1. Présentation de l'équipe	8
4.2. Répartition des tâches	9
4.3. Organisation de l'équipe	10
4.4. Organisation avec l'encadrant	10
5. Démarche scientifique	10
5.1. Deux lots principaux	10
5.1.1. Modélisation	10
5.1.2. Électronique	10
5.2. Méthodes de tests	10
5.3. Plan provisoire	11
5.4. Méthodes d'apprentissage et conception	12
5.5. Analyse critique des ressources	12
6. Organigramme des lots principaux	12
7. Tableau des livrables	13
8. Moyens de communication internes et externes	13
9. Risques	13
10. Conclusion	16
Annexes	17
Annexe 1 – Diagramme de Gantt	17
Références	18

Liste des figures

1.	Diagramme de définition.	5
2.	Diagramme d'état.	5
3.	Diagramme de séquence.	5
4.	Diagramme de bloc interne.	6
5.	Diagramme des cas d'utilisation.	6
6.	Schéma simplifié du scénario	8
7.	Schéma simplifié	11
8.	WBS - 2 niveaux	12
9.	Diagramme de Gantt	17

Liste des tableaux

1.	Tableau des fonctionnalités, avec leur(s) critère(s) de valeur, leur niveau(x), leur flexibilité et leur priorité. FP : fonction principale, FS : fonction secondaire, FC : fonction de contraintes.	7
2.	Livrables et leurs dates	13
3.	Tableau des problèmes techniques	14
4.	Tableau des problèmes liés à la manipulation	15
5.	Tableau des problèmes organisationnels	16

1. Introduction

Le présent projet ingénieur de la mission Pronto vise à l'élaboration d'un drone sous-marin. Dans le contexte maritime présent aux abords de l'école, un tel outil est justifiable pour la surveillance des fonds marins. De plus, l'élaboration d'un tel projet en groupe de 6 nécessite diverses compétences relatives à l'organisation d'un projet, les problématiques de systèmes embarqués, électronique et télécommunication, domaines fortement inscrits dans la formation de l'école d'ingénieur IMT Atlantique.

2. Cahier des charges fonctionnel

2.1. Présentation du système

2.1.1. Finalité, mission, objectifs

Finalité :

IMT Atlantique, grande école de la transition écologique et dont la préoccupation maritime est majeure, semble être le cadre parfait pour notre projet : nous prévoyons de fabriquer un sous-marin radiocommandé dans le but d'observer et d'explorer les fonds marins. A plus long terme, il pourrait faire l'objet d'une amorce d'un plus grand projet de développement d'une plateforme sous marine. Un autre groupe prendrait le relai après nous.

Mission :

Le sous-marin doit intégrer une caméra permettant la transmission vidéo en direct à l'utilisateur, ainsi que des commandes de déplacement à distance lui octroyant une mobilité tridimensionnelle : plonger, émerger, avancer, tourner à droite et à gauche.

OBJECTIF

- Concevoir un sous-marin qui puisse plonger et remonter à la surface, précisément et selon les commandes de l'opérateur
- Distance maximale au pilote : 20m
- Qualité vidéo du signal : HD 720p minimum pour une observation claire des fonds marins et 10 fps minimum pour assurer une fluidité d'image
- Profondeur atteinte : 2m

2.1.2. Liste des parties prenantes

Partie prenante	Rôle	Contact (le cas échéant)
<i>Ecole IMT Atlantique</i>	Encadrement	François Le Pennec, Charlotte Langlais
<i>Equipe Abysse Pronto</i>	Conception, maquette, réalisation	gautier.pauliat@imt-atlantique.net , thomas.bruyere@imt-atlantique.net , antonin.polette@imt-atlantique.net , emilien.wolff@imt-atlantique.net , pierre.gonot@imt-atlantique.net , saad-eddine.khazari@imt-atlantique.net
<i>Maud Tournery</i>	Renseignements sur le matériel à disposition à l'IMT Atlantique	maud.tournery@imt-atlantique.fr
<i>Bernard Abiven</i>	Conseil technique précieux et aide à l'usinage	bernard.abiven@imt-atlantique.fr
<i>Christophe Wolff, Alcatel Lucent Enterprise</i>	Soutien technique ; matériel (Fourniture d'une technologie de transmission de données numériques sur une paire torsadée, permettant d'étendre un réseau ethernet jusqu'à 1km sans répéteur et transportant également l'énergie si nécessaire.)	christophe.wolff@al-enterprise.com

2.1.3. Contexte d'utilisation du système

Le sous-marin sera utilisé dans des environnements aquatiques peu profonds, tels que :

- Plage du Dellec pour les tests initiaux
- Zones côtières afin d'évaluer les performances en conditions réelles. Le système devra être résistant à l'eau salée, aux variations modérées de température et pression et aux courants.

Architecture physique :

- Constituants externes :
 - Radiocommande ou ordinateur pour commander le sous-marin à distance.
 - Bouée relais pour assurer la transmission des commandes de pilotage.
- Liens :
 - Communication filaire entre le sous-marin et la station de contrôle flottante.
 - Transmission sans vidéo en direct via une caméra embarquée.
 - Ligne de vie entre l'opérateur et le sous-marin

2.1.4. Diagrammes SysML

On définit ci dessous le diagramme SysML de **définition de bloc** (BDD) pour définir la structure statique du système. Il sert à modéliser les composants principaux et leurs relations. D'autre part on propose un **diagramme d'états** (State Machine Diagram) qui donne les fonctions des différents états dans lesquels le sous-marin peut se trouver et des événements qui provoquent la transition d'un état à un autre.

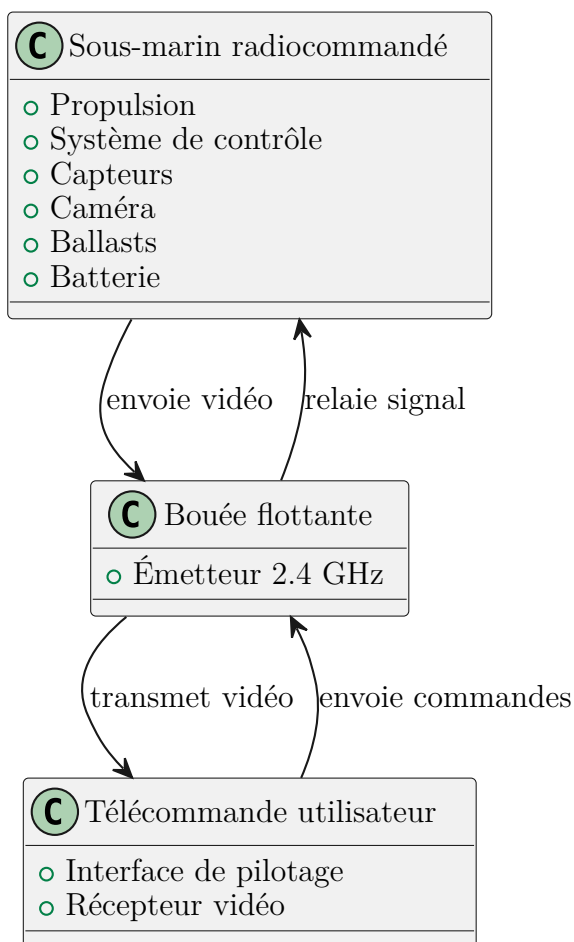


FIGURE 1 – Diagramme de définition.

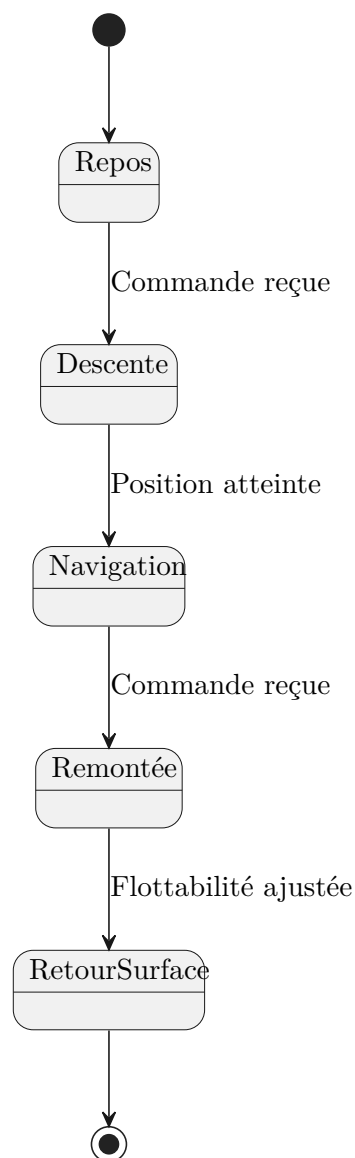


FIGURE 2 – Diagramme d'état.

Puis on propose un **diagramme de séquence** (Sequence Diagram) pour modéliser les interactions entre les différents composants du système {sous-marin} dans le temps.

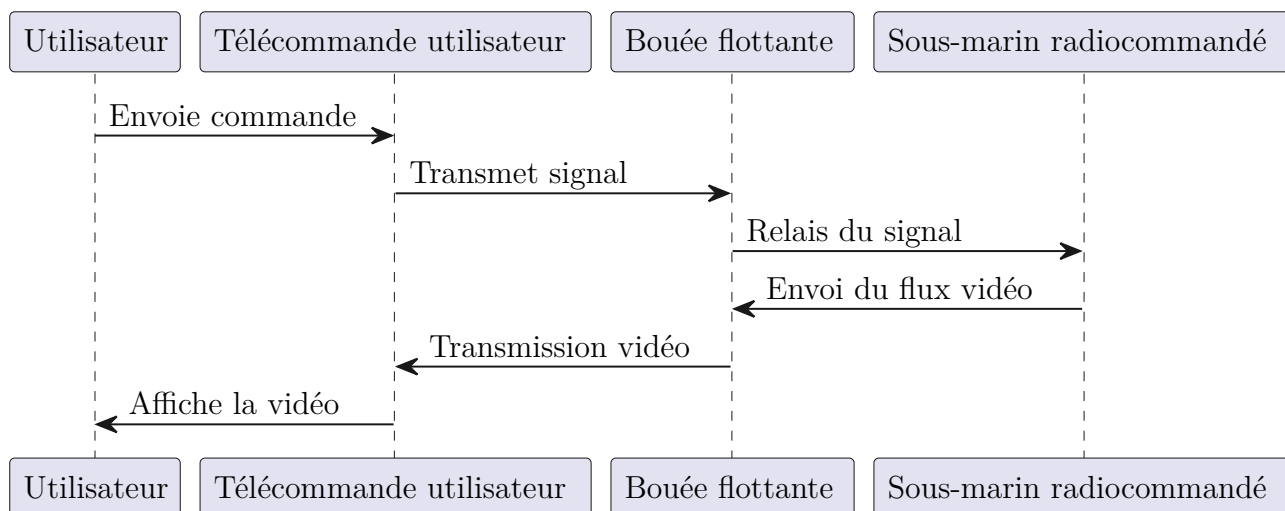


FIGURE 3 – Diagramme de séquence.

Le **diagramme de Bloc Interne** (IBD) permet de visualiser l'architecture interne du sous-marin et les interactions entre ses sous-systèmes. Ce diagramme montre comment les différents composants internes (mécaniques, électriques, électroniques) sont interconnectés et communiquent entre eux pour assurer le bon fonctionnement du sous-marin.

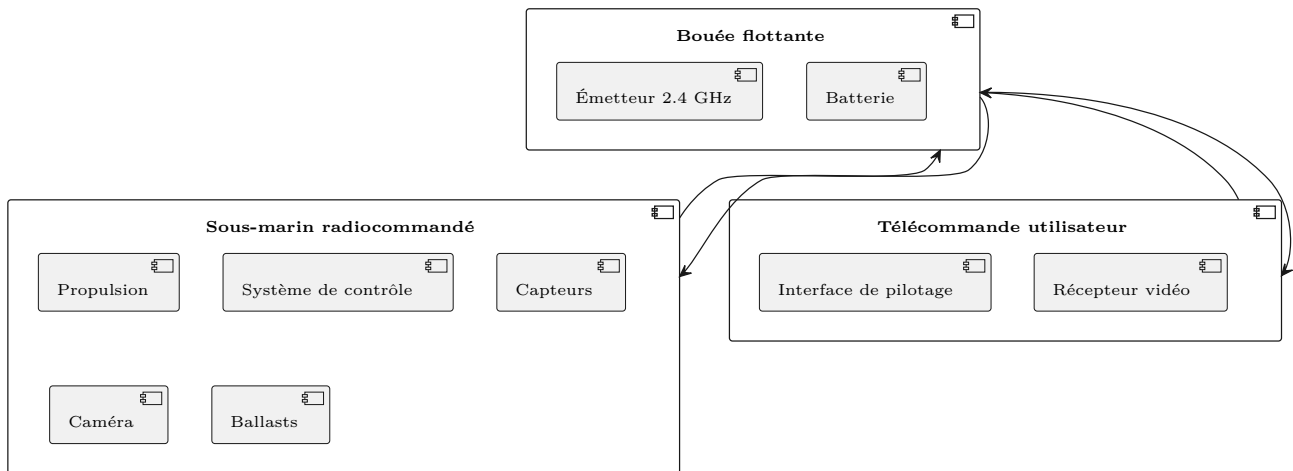


FIGURE 4 – Diagramme de bloc interne.

Le **diagramme des cas d'utilisation** (Use Case Diagram) sert à modéliser les interactions entre le sous-marin et ses utilisateurs. Il est proposé ci-dessous :

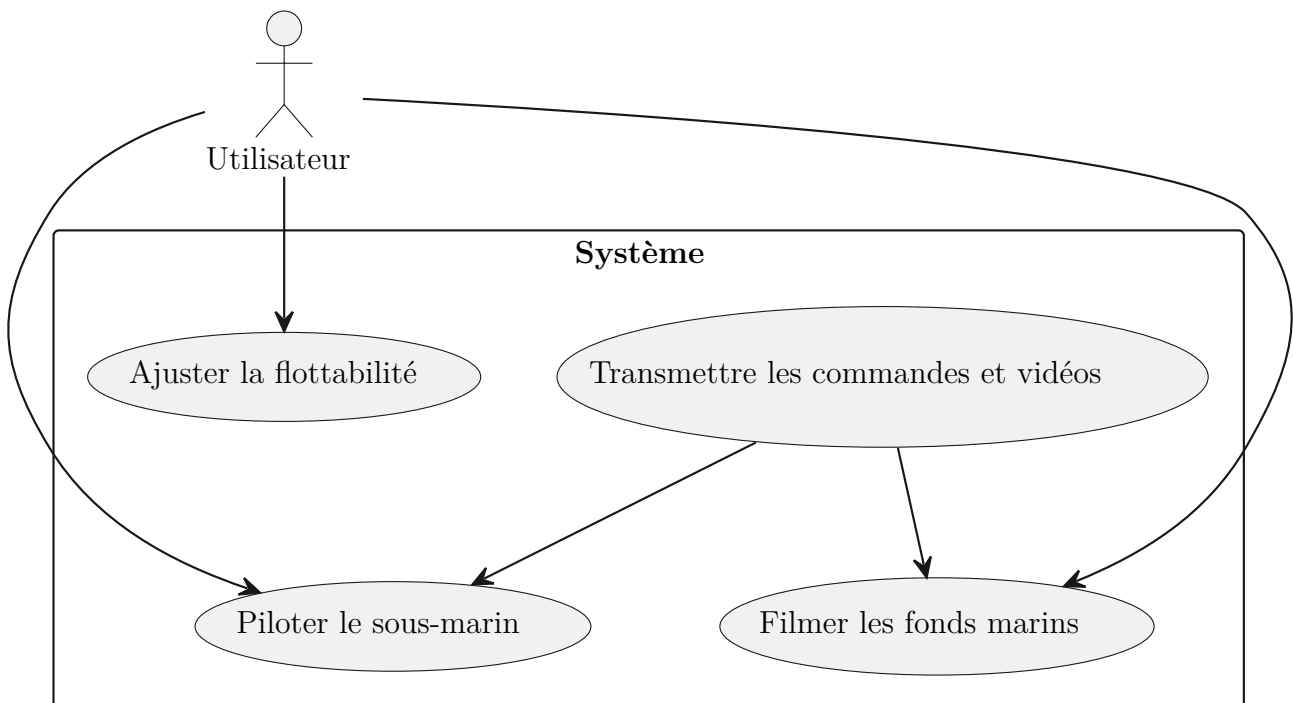


FIGURE 5 – Diagramme des cas d'utilisation.

2.2. Expression fonctionnelle du besoin

2.2.1. Fonctions de service et de contrainte

Fonction	Critère(s)	Niveau(x)	Flexibilité	Priorité
FP1 – Explorer les fonds marins	Profondeur	0 à 2m	Immersion juste sous la surface	1
	Autonomie de la batterie interne	30min	Moyenne	
	Longueur du câble	10m	Min	
FP2 – Transmettre une vidéo en direct	Résolution	720p, 10fps min	Moyenne (pour maintenir un coût raisonnable)	1
	Latence	200ms	Forte	
FC1 – Résister à la pression de l'eau	Étanchéité	Jusqu'à 2m de profondeur	Nulle	1
FC2 – Maintenir la stabilité dans l'eau	Déviation angulaire horizontale maximale	Déviation faible sous courant modéré	Moyenne	2
FS1 – Transportabilité	Masse	Moyenne	Facile à transporter & à mettre à l'eau	3

TABLE 1 – Tableau des fonctionnalités, avec leur(s) critère(s) de valeur, leur niveau(x), leur flexibilité et leur priorité. FP : fonction principale, FS : fonction secondaire, FC : fonction de contraintes.

2.2.2. Scénarios

- Scénario basique
 - L'utilisateur démarre et contrôle le sous-marin par radiocommande.
 - Le sous-marin plonge à une profondeur de x mètre(s) et explore les environs
 - La caméra envoie un flux vidéo en direct au pilote, qui peut ajuster la direction
- Cas limite
 - Dans l'anse du Dellec se trouve des bouées flottantes de mouillage, il est possible d'utiliser le prototype pour surveiller l'installation néanmoins le câble peut se coincer dedans. D'où la nécessité d'une ligne de vie pour localiser le sous-marin.
 - De même dans le cas d'une perte de signal, il y a nécessité d'une ligne de vie pour retrouver le sous-marin.

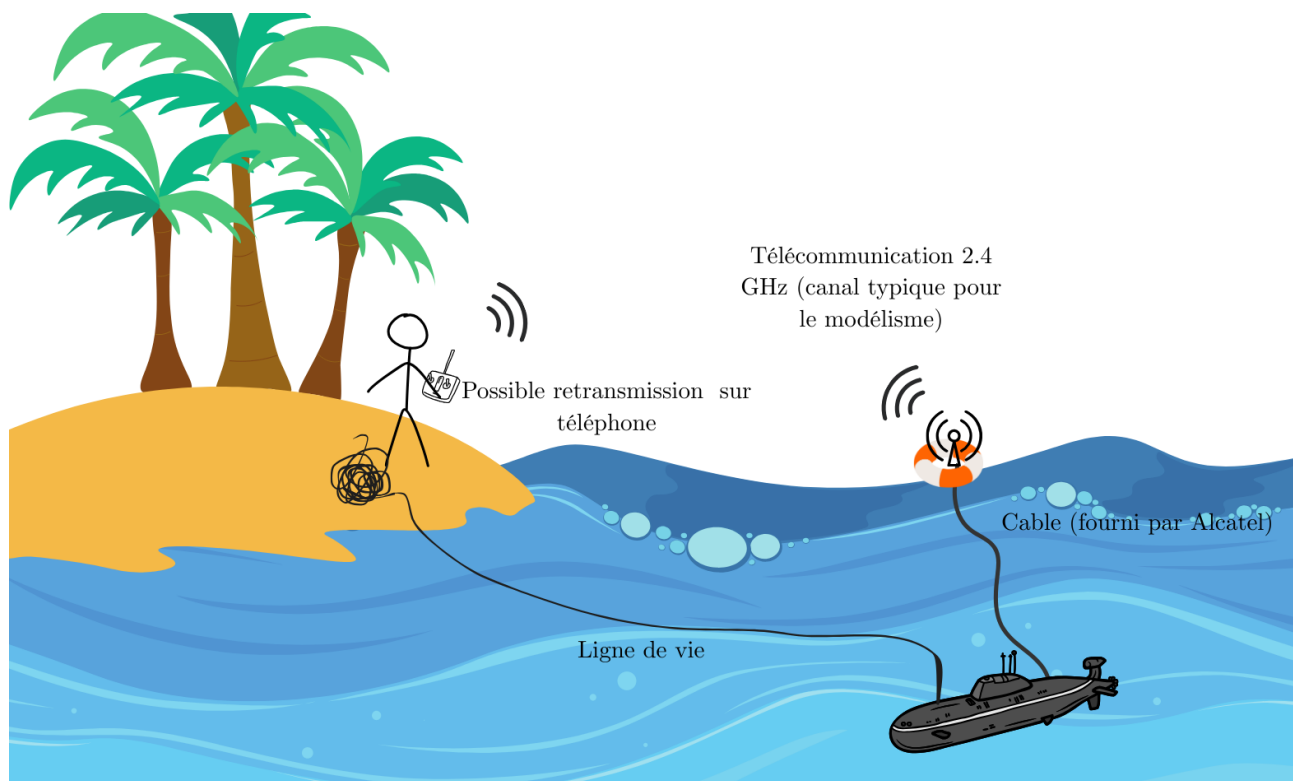


FIGURE 6 – Schéma simplifié du scénario

2.3. Validation du besoin

Tests en conditions réelles :

- Mesure de la profondeur maximale atteinte.
- Tests préliminaires en conditions stables (bac sans courant) cf. Cerema puis test en bord.
- Évaluation qualitative de la qualité et stabilité du flux vidéo.

Expérimentations :

- Simulation d'une perte de signal pour valider la fonction de sécurité.
- Mesures de stabilité sous courant simulé en bassin contrôlé.

3. Diagramme organisationnel de Gantt

Se référer au diagramme de Gantt joint au document en [ANNEXE 1](#).

4. Notre équipe

4.1. Présentation de l'équipe

Notre équipe est la suivante :

- **Antonin POLETTE** : compétences en programmation (C, python, java, arduino) et organisation. Antonin se charge des relations extérieures, il cherche à obtenir l'aide d'organismes extérieurs à l'école.
- **Emilien WOLFF** : compétences en modélisation et simulation sur logiciel et en impression 3D multiprocédé et multimatériaux. Il sait utiliser les machines du Fablab. Il est le directeur technique, son large domaine de compétence lui permet de prendre la direction des opérations quand c'est nécessaire.

- **Gautier PAULIAT** : compétences en programmation (C, python, java, arduino), en modélisation 3D et en assemblage. Il sait utiliser les machines du Fablab. C'est le directeur adjoint technique, il assiste Emilien dans la prise de décision quand c'est nécessaire.
- **Thomas BRUYERE** : Compétences en programmation (C, python, java, arduino) et en électronique, gestion des cartes. Il sait utiliser les machines du Fablab. C'est le responsable des composants, c'est-à-dire qu'il s'occupe de l'acquisition et l'inventaire des composants.
- **Saad Eddine KHAZARI** : Compétences en programmation (C, python, java, HTML, arduino) et en modélisation 3D. Il est le directeur scientifique, il réunit les sources extérieurs et les partage à l'équipe.
- **Pierre GONOT** : Compétences en mécanique et en électronique. C'est le manager du groupe, il cherche à maintenir la bonne ambiance et une bonne organisation au sein du groupe.

Formations nécessaires :

- Autoformation à la modélisation 3D paramétrique SolidWorks : Saad, Emilien
- Formation à Gitlab : Antonin, Gautier
- Formation à la Computer Numerical Control (CNC) : Antonin, Gautier, Thomas, Pierre, Saad

4.2. Répartition des tâches

Le projet est divisé en plusieurs étapes (dissociées des phases officielles). Dans chaque étape, on retrouve les tâches reliées entre elles et réparties & mises en parallèle afin que tous les membres de l'équipe se sentent investis et sachent ce qu'ils doivent faire. Dans le diagramme de Gantt, les 6 membres ont toujours quelque chose à faire, en faisant attention à ne pas mettre trop de monde sur une tâche inutilement.

La répartition est comme suit pour la phase 1 :

- Groupe 1 - Mécanique et modélisation (Saad et Emilien) : le groupe de travail s'autoforme sur l'utilisation de Solidworks et s'occupe entièrement de la modélisation des pièces à usiner et de l'assemblage complet du sous-marin. Ils gardent une vision technique sur le projet et communique avec le pôle électronique en imposant des contraintes d'espace. Saad et Emilien sont les plus familiarisés avec ce type de logiciels. Emilien dispose de compétences pratiques en usinage (additif et soustractif¹).
- Groupe 2 - Électronique (Antonin, Thomas, Pierre, Gautier) : le groupe s'occupe de concevoir et de réaliser les différents circuits électriques. Les membres travaillent par binômes pour être plus efficaces et communiquent tous entre eux pour suivre les avancées et éventuellement partager des découvertes intéressantes. Antonin, Thomas, Pierre et Gautier étaient tous intéressés par l'aspect de conception des circuits, de la réalisation des circuits, et ensuite de la connexion entre les circuits réalisés. Dans le détail, l'attribution des tâches se fait par préférences et qualifications des membres.

1. Impression 3D et machines d'usinage du métal

4.3. Organisation de l'équipe

Pour chaque matinée de travail, l'équipe se rejoint en avance pour prendre un petit-déjeuner de cohésion, afin de prendre le temps de débriefer l'ordre du jour et éventuellement d'aborder des points importants, avant de se concentrer sur les parties techniques. L'équipe se retrouve à l'archipel dans une salle réservée à l'avance et travaille ensemble durant tout le créneau dans l'emploi du temps. La séance commence par un ordre du jour pour savoir ce qui nous attend. S'en suit le travail, soit découpé par groupes selon ce qui a été prévu dans le Gantt, soit travail commun (surtout durant les premières séances du projet).

4.4. Organisation avec l'encadrant

N'ayant pas de client, nous avons conscience que notre groupe possède plus d'autonomie, de fait, les réunions avec l'encadrant sont organisées dans deux cas : à la demande de l'encadrant, l'équipe a besoin de renseignements sur les moyens à disposition et les échéances imposées. Ainsi, la discussion lors de ces réunions se base sur ces sujets et un compte-rendu est effectué par un membre de l'équipe afin de pouvoir revenir sur les sujets abordés.

De plus, afin de communiquer au mieux sur le projet et ainsi de nous faire guider au mieux, a été mis en place une liste de diffusion facilitant la discussion mais surtout un partage, permettant ainsi le partage de ressources et une vision plus complète du travail fourni par l'équipe à l'encadrant.

5. Démarche scientifique

5.1. Deux lots principaux

Nous distinguons deux lots principaux dans les premières phases de conception (mis en valeur dans le diagramme de Gantt), à savoir une partie modélisation et une partie électronique.

5.1.1. Modélisation

Tout l'enjeu est de réussir à modéliser une coque externe adaptée aux composants trouvés. Ainsi, il sera crucial de réaliser une modélisation paramétrique pour jouer avec n'importe quelle taille de composant (essentiellement le tube de PVC). Ce faisant, l'usinage des pièces pourra alors commencer indépendamment de l'électronique et l'assemblage sera effectué relativement tard.

5.1.2. Électronique

Dans une première phase, l'électronique peut se diviser en trois sous-lots qui ne prendront aucunement en compte les dimensions mécaniques des composants dans un premier temps. Nous retrouvons alors trois circuits électriques différents relativement indépendants : celui relatif au remplissage des ballasts, celui relatif à l'équilibre du sous-marin et enfin le système de propulsion et direction. A ces lots se rajoutent deux autres tâches : l'assemblage de la batterie et la mise en place de la caméra. Cette dernière étant prévue pour plus tard dans la conception.

Indépendamment, il sera à charge de tout le monde de tester les différents composants électroniques reçus avant leur intégration dans quelconque circuit afin de vérifier le bon fonctionnement et de déterminer la méthode à suivre pour l'utilisation.

5.2. Méthodes de tests

Il est prévu tout au long du projet plusieurs méthodes de test afin d'assurer le bon fonctionnement des composants. Comme dit précédemment, les composants électroniques seront testés individuellement avant utilisation. Nous cherchons également actuellement des partenaires dans la région qui nous permettraient de tester notre prototype en bassin, dans un environnement

contrôlé. Ainsi nous pourrions au fur et à mesure identifier les problèmes et réagir en conséquence. Par exemple, pour ce qui est des tests d'impression, un a déjà été effectué : un cylindre entièrement imprimé en 3D a été immergé pendant 24h. A la fin de ces 24h, il s'est avéré que de l'eau s'était infiltrée dans le cylindre. Après inspection, il semblerait que le problème soit dû à l'impression de trois pièces distinctes au sein du cylindre (deux disques et un cylindre), la fuite étant localisée dans un coin du cylindre. Il sera donc à l'avenir primordial de réduire au maximum le nombre de jointures et d'éviter les angles aigus au sein de la structure. Il est également question de l'application d'une résine spéciale sur le PLA.

5.3. Plan provisoire

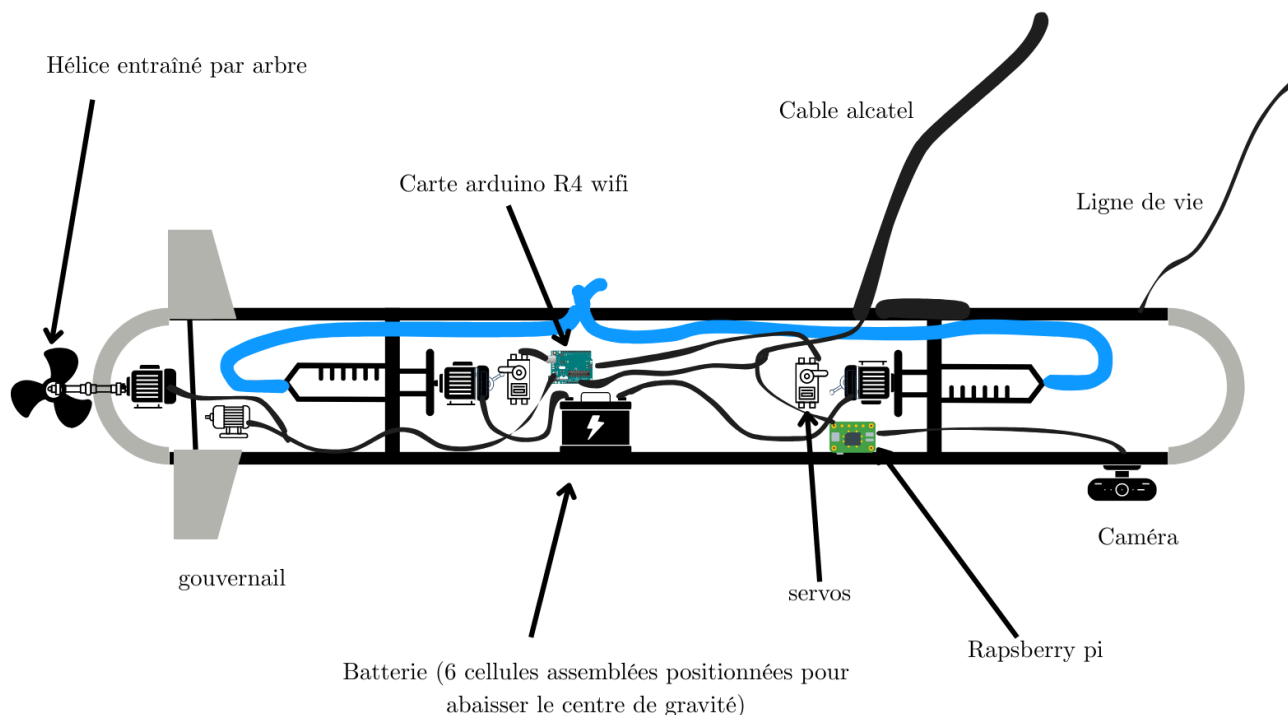


FIGURE 7 – Schéma simplifié

Explication du schéma :

Ceci est un schéma provisoire et est voué à être modifié au fur et à mesure des avancées de l'équipe.

Les parties grises de la structure sont les parties potentiellement imprimables en 3D qui seront mobiles dans le design final, en effet, nous voulons garder une accessibilité considérable pour démonter le prototype.

La partie noire de la structure extérieure correspond à un tube de PVC (actuellement cherché), il est impératif que la partie intérieure (contenant l'électronique) soit mobile par rapport au tube (non fixé), pour pouvoir la sortir du tube à tout moment et accéder à l'électronique. Cela justifie également la présence de deux parties mobiles (à l'avant et à l'arrière) afin de débrancher facilement la partie hélice et caméra (qui ne bougeront pas de la coque).

Actuellement, il est question de deux circuits parallèles pour les fonctions mécaniques et les fonctions de vidéo puisque nous émettons des doutes sur le traitement vidéo effectué sur la carte arduino, des tests sont à faire une fois les composants en main pour déterminer la marche à suivre.

Enfin, comme nous vous l'avons sûrement indiqué, les ballasts seront des seringues de 500mL, nous souhaitons relier les deux sorties des seringues au sein du sous-marin pour n'avoir qu'une seule communication avec l'environnement extérieur à travers la coque (au lieu de deux), ici la communication se fait au niveau du milieu du sous-marin, mais comme indiqué précédemment pour pouvoir débrancher le plus simplement possible le bloc électronique des éléments fixés dans la coque, cette communication aqueuse se fera probablement plus au niveau de l'avant de la coque.

5.4. Méthodes d'apprentissage et conception

Notre manière de procéder est la suivante : d'après nos recherches, nous envisageons un premier modèle de prototype à partir des ressources trouvées, rassemblées sur notre canal mattermost. Ensuite, nous adaptons le prototype conçu pour nos exigences (contraintes de matériel, mécaniques..). Au fur et à mesure de l'avancée et de la rencontre de nouveaux problèmes, de nouvelles recherches sont effectuées pour les parer et ces ressources sont rassemblées une nouvelle fois sur notre canal mattermost. De fait, nous gardons une trace des avancées techniques implémentées sur le prototype.

5.5. Analyse critique des ressources

Les différents membres de l'équipe complètent leur connaissances personnelles à l'aide les nombreuses ressources disponibles en ligne, utilisées pour extraire des informations utiles au projet.

Beaucoup de ces ressources visibles dans les Références sont issues de Youtube. Cela est très pratique dans la mesure où sont généralement présentées : les technologies mises en œuvre mais aussi les potentiels problèmes et dysfonctionnement qui y sont associés ce qui nous permet d'apporter des modifications dès le départ résultant en un gain de temps conséquent. Cependant, il est important de noter que les projets visionnés bénéficient bien souvent d'un budget et de moyens très supérieurs aux nôtres, il est dès lors crucial d'adapter chaque technologie à notre niveau.

Les connaissances acquises sont principalement retransmises à l'oral pendant les séances de travail, afin que tout le monde soit au courant (dans une certaine mesure) des solutions techniques choisies.

6. Organigramme des lots principaux

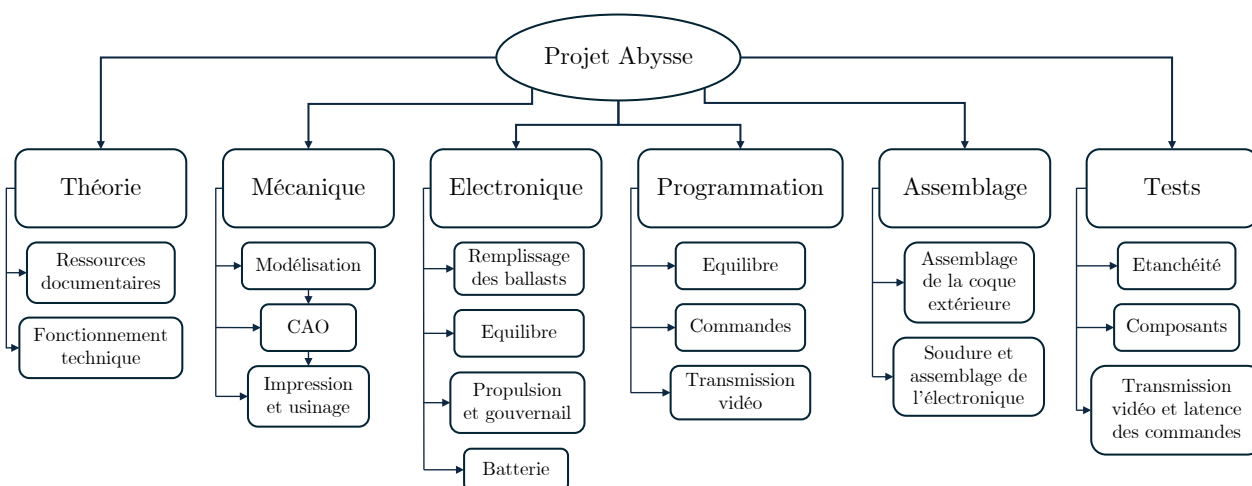


FIGURE 8 – WBS - 2 niveaux

7. Tableau des livrables

On détaille dans cette section l'ensemble des livrables attendus tout au long du projet ainsi que les dates associées.

Livrable	Date
Document de cadrage	27 février
Rapport technique	Date inconnue
Livrable, jalon Forum et présentation du projet	23 mai

TABLE 2 – Livrables et leurs dates

8. Moyens de communication internes et externes

Au sein de l'équipe, il était important dès les premières séances d'établir des moyens de communication clairs, au sein du groupe et avec nos encadrants. C'est pourquoi nous avons mis en place les moyens suivants :

- Pour la communication interne : Whatsapp pour tout ce qui est informel, Mattermost pour la communication plus précise et spécifique grâce aux salons.
- Communication externe : création d'une liste de diffusion par mail : pronto-abyss-gp83.
- Partage des documents : Principalement l'outil Partage de l'IMT, qui nous permet de partager des documents et des dossiers non seulement entre nous mais aussi avec notre encadrant et d'autres parties prenantes.

9. Risques

On détaille dans le tableau suivant les risques les plus importants sur le projet, avec les gradations en couleur (blanc ; inexistant, vert : faible, jaune : modéré, rouge : important).

Intitulé	Solution(s) possible(s)	pos- S8-10	S11-13	S14-16	S17-19	S20-23
Rupture mécanique en heurtant un caillou	Réparation si possible / Réimpression de la pièce					
Étanchéité	Changement de la solution pour maintenir l'étanchéité					
Les composants (commande n°1) n'arrivent jamais/certains composants manquent	Nouvelle commande/emprunt aux labos & Fablab					
Problématiques non anticipées qui retardent le projet	Reprise des objectifs et des tâches					
Difficulté à créer des compartiments faciles à séparer	Conception de nouvelles pièces 3D					
Mauvais fonctionnement des gouvernes, empêchant un contrôle précis	Reprise du système technique mis en place					
Mauvais équilibre entre lest et flottabilité, entraînant un sous-marin qui ne plonge pas ou ne remonte pas correctement	Ajustement du lest et de l'équilibre interne					
Les circuits sont grillés	Bien protéger les circuits, prévoir de potentielles casses (commander en double)					
Problème de batterie	Démontage, Remontage de la batterie / Rachat d'une nouvelle batterie					
Mauvaise gestion de l'alimentation	Reprise de la conception des circuits électriques					

TABLE 3 – Tableau des problèmes techniques

Intitulé	Solution(s) possible(s)	pos- S8-10	S11-13	S14-16	S17-19	S20-23
Le composant est défectueux à la réception de commande	Réparation/recommande					
Manque de compétences en SolidWorks, ou apprentissage long	Changement vers Fusion 360					
Précision sur le contrôle de la profondeur	Changement d'objectif (simplement passer sous la surface)					
Mauvais filtrage de l'eau en entrée (minéraux et calcaire)	Changement du système de filtrage					
Câble qui gêne durant le pilotage	Repositionnement du câble / changement pour un câble plus flexible et plus léger					
Bouée qui se retourne ou qui prend l'eau	Conception d'une bouée plus stable					
Soudeur par points qui ne marche pas	Recommande d'un nouveau / visite aux labos					
Erreurs de manipulation (trous au mauvais endroit, casse, ...)	Nouvelle impression des pièces / réparation					
Difficulté à démonter certaines pièces en cas d'erreur d'installation	Attention particulière aux montages					

TABLE 4 – Tableau des problèmes liés à la manipulation

Intitulé	Solution(s) possible(s)	pos-	S8-10	S11-13	S14-16	S17-19	S20-23
Conflit interne	Réunion pour en parler tous ensemble						
Pataugeage	Réunion pour aller de l'avant						
Manque de communication au sein du groupe	Remontée du problème en réunion, pour comprendre pourquoi ça ne fonctionne pas						
Hors sujet total, le groupe part dans la mauvaise direction	Réorientation rapide et discussion avec M. Le Penne						
On répartit mal les tâches (trop/pas assez de monde sur une tâche)	Réattribution des tâches						

TABLE 5 – Tableau des problèmes organisationnels

10. Conclusion

Notre projet se distingue par son ambition et son potentiel d'innovation. Nous sommes pleinement conscients des nombreux défis techniques et organisationnels qui nous attendent. Cependant, grâce à une préparation rigoureuse et à une anticipation des obstacles, nous sommes confiants dans notre capacité à surmonter ces challenges avec succès.

Notre équipe, composée de membres motivés et déterminés, est prête à s'investir pleinement pour mener ce projet à bien. Nous sommes convaincus que notre collaboration et notre engagement collectif seront les clés de notre réussite. Ensemble, nous allons transformer cette vision en réalité, en dépassant les attentes et en atteignant nos objectifs.

Annexes

Annexe 1 – Diagramme de Gantt

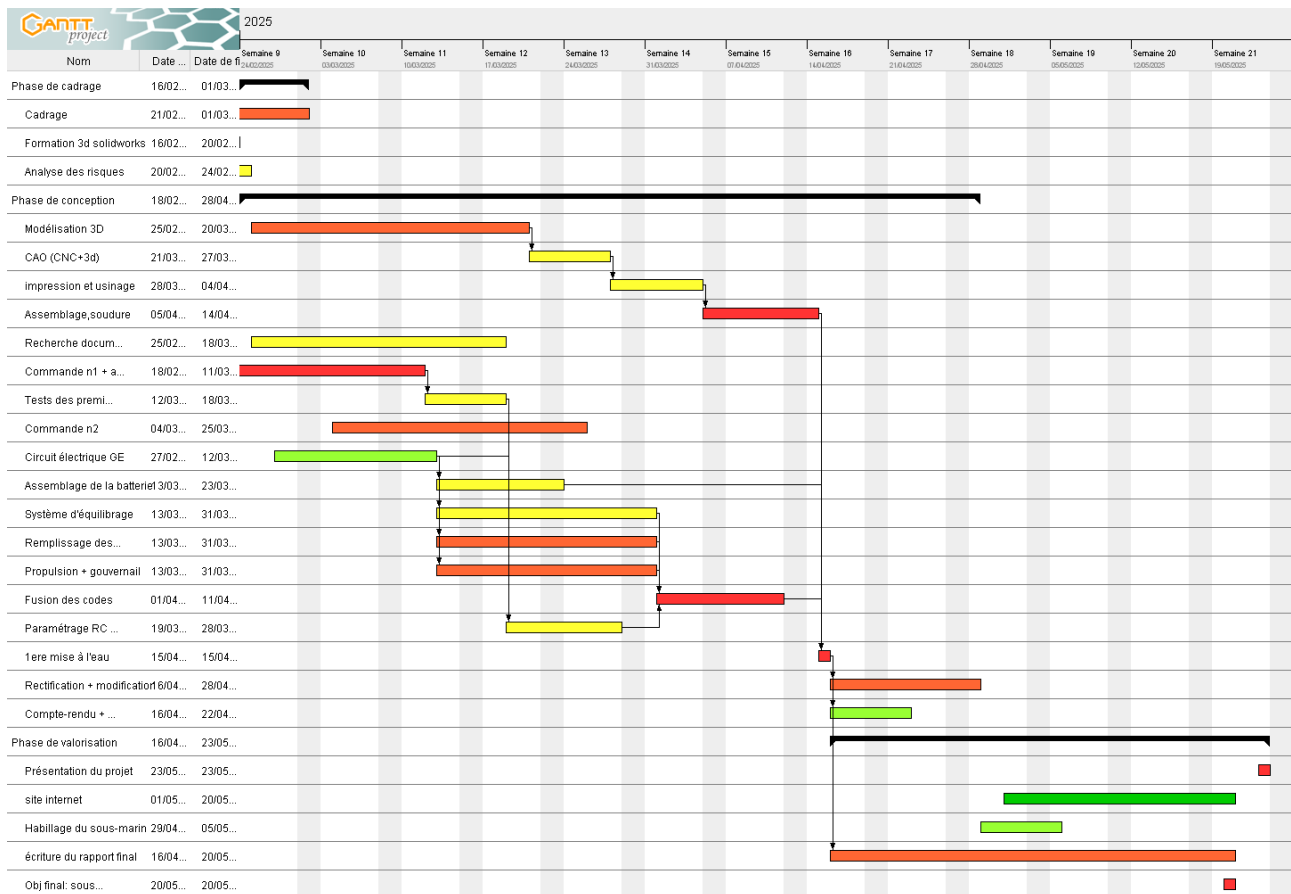


FIGURE 9 – Diagramme de Gantt

Pour nous informer de manière globale sur la conception de sous-marins, nous profitons de la richesse du contenu disponible sur YouTube. Nous avons notamment récupéré des idées & des vidéos suivantes :

Références

- [1] Creative Mind - How To Make Self Balancing RC Submarine - From PVC Pipe- Amazing DIY Projects : https://www.youtube.com/watch?v=eeC1iZ_5qyc&t=9s
- [2] Diy Perks - Building a DIY submarine - DIY Perk : <https://www.youtube.com/watch?v=pUba126uzvU>
- [3] P&P - 3D Printed Rc Submarine 1/48 Ep.1 : https://www.youtube.com/watch?v=A_ZphXPtQ1s&t=4s,
- [4] P&P - RC Submarine Ballast Tank 500ml + Dual Diaphragm Pump Ep.2 : https://www.youtube.com/watch?v=A_ZphXPtQ1s&t=4s
- [5] Cours sur la similitude : <https://lhe.epfl.ch/cours/bachelor/slides/chapitre2.pdf>
- [6] Documentation sur la construction d'un sous-marin radiocommandé : <https://www.instructables.com/Diy-Rc-Submarine/>
- [7] Plongée et retour en surface d'un sous-marin : <https://archives.defense.gouv.fr/content/download/599779/10113895/Plong%C3%A9e%20et%20retour%20en%20surface.pdf>
- [8] Définition d'un ballaste : <https://www.techno-science.net/definition/13655.html>

OUR WORLDWIDE PARTNERS UNIVERSITIES - DOUBLE DEGREE AGREEMENTS

3 CAMPUS, 1 SITE



IMT Atlantique Bretagne-Pays de la Loire – <http://www.imt-atlantique.fr/>

Campus de Brest

Technopôle Brest-Iroise
CS 83818
29238 Brest Cedex 3
France
T +33 (0)2 29 00 11 11
F +33 (0)2 29 00 10 00

Campus de Nantes

4, rue Alfred Kastler
CS 20722
44307 Nantes Cedex 3
France
T +33 (0)2 51 85 81 00
F +33 (0)2 99 12 70 08

Campus de Rennes

2, rue de la Châtaigneraie
CS 17607
35576 Cesson Sévigné Cedex
France
T +33 (0)2 99 12 70 00
F +33 (0)2 51 85 81 99

Site de Toulouse

10, avenue Édouard Belin
BP 44004
31028 Toulouse Cedex 04
France
T +33 (0)5 61 33 83 65



IMT Atlantique

Bretagne-Pays de la Loire
École Mines-Télécom