



IMT Atlantique
Bretagne-Pays de la Loire
École Mines-Télécom

Recette - Projet Aabyse

Tuteur : F. Le Pennec

Auteurs : E. Wolff (relecteur), A. Polette, P. Gonot, S. Khazari, G. Pauliat

Destinataires : F. Le Pennec, B. Abiven, M. Le Gall, J. Hemery

Groupe 83 PRONTO

version 1.0

IMT Atlantique

23/05/25

SOMMAIRE

1. Présentation du projet et des objectifs
2. Conception
3. Réalisation et tests unitaires
4. Intégration et tests
5. Communication : site internet
6. Perspectives d'amélioration
7. Travail de groupe



IMT Atlantique
Bretagne - Pays de la Loire
École Mines-Télécom

1. Présentation du projet et des objectifs
2. Conception
3. Réalisation et tests unitaires
4. Intégration et tests
5. Communication : site internet
6. Perspectives d'amélioration
7. Travail de groupe



Figure 1 – Projet *Kosmos* : caméra sous-marine

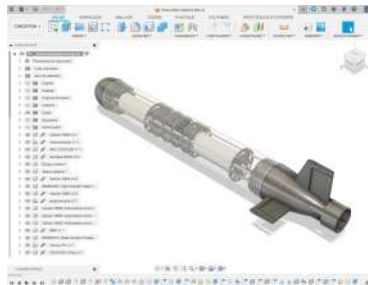
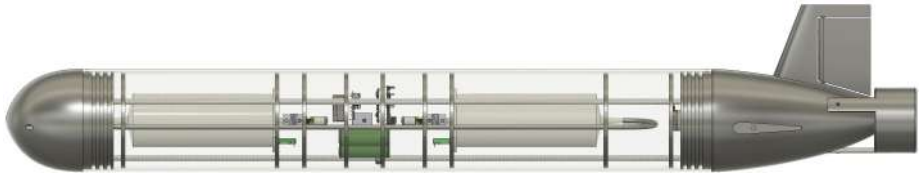


Figure 2 – CAO paramétrique du sous-marin sur *Fusion 360*

Objectifs

1. **Piloter** le sous-marin à distance et le contrôler (profondeur et déplacement) de manière précise et sans fils
2. **Transmettre une vidéo** en direct à l'utilisateur. Nous prévoyons donc une bascule entre deux flux vidéo : l'un vers l'avant pour le pilotage et l'autre vers le fond pour l'observation

1. Présentation du projet et des objectifs
2. Conception
3. Réalisation et tests unitaires
4. Intégration et tests
5. Communication : site internet
6. Perspectives d'amélioration
7. Travail de groupe



- ▶ **Structure modulaire** pour développement en parallèle
- ▶ Identification des **fonctions** internes

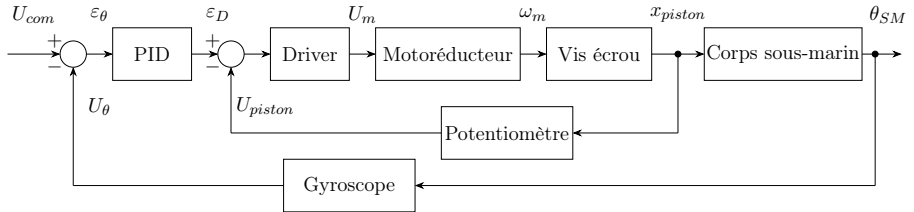


Figure 3 – Schéma bloc de l'asservissement du sous-marin

La masse envisageable pour être transportable serait donc d'environ 15 kg.

Limite de la flottabilité \Rightarrow poids équivalent à son rapport en eau, donc de volume

$$V_{SM} = 15 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

Notre idée initiale était de partir sur un tube de $\varnothing 128 \text{ mm}$, ce qui nous conduit à une longueur de

$$\ell_{SM} = \frac{V_{SM}}{S_{tube}} = \frac{V_{SM}}{\pi D^2/4} = \frac{15 \cdot 10^{-3}}{\pi (128 \cdot 10^{-3})^2/4} = \boxed{1,15 \text{ m}} \quad (1)$$

C'est utilisable

Structure interne qui doit être solide et compartimentée ⇒
disques imprimés en 3D

- Perçages pour les batteries
- Inserts filetés pour fixer les composants
- Trous pour tiges filetées

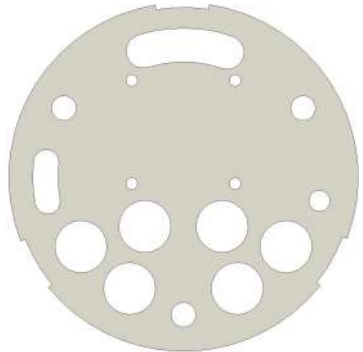


Figure 4 – Exemple de disque

$$\text{Hélice : } v = p \times \omega \quad (2)$$

Or choix du moteur selon le paramètre KV, avec

$$p = 1.4 \text{ cm}.$$

La vitesse d'avance étant de $v = 5 \text{ km/h}$, soit $1,4 \text{ m/s}$, nous en déduisons que le taux de rotation doit être de

$$\omega = \frac{1,4}{0,014} = 100 \text{ tr/s} = 6000 \text{ tr/min} \quad (3)$$

+25% \Rightarrow 7500 tr/min sous 12 V donc

7500/12 = 625 KV. On choisit un 750 KV .



Figure 5 – Moteur brushless choisi de 750KV



Figure 6 – Capture du modèle 3D du sous-marin fait sous *Fusion 360* (Autodesk)

Pourquoi avoir modélisé en 3D ?

- Placement précis et simulation des liaisons
- Paramétrage → modèle qui se reconstruit
- Exportation pour Blender
- Production de plans 2D et modèles 3D pour tranchage et impression

Pour diriger le sous-marin, 2 solutions :

1. Implanter 4 pompes directrices
2. Utiliser des gouvernails comme dans les vrais sous-marins



Figure 7 – Débattement mesurable sur CAO et permis par les servomoteurs

Par une **étude statique**, on récupère le nombre de barres N de lest nécessaires au sous-marin :

$$N = \frac{(\rho_{fluide} \cdot V_{SM} - m_{sans}) \cdot 4}{\rho_{fer} \pi D^2 L} \quad (4)$$

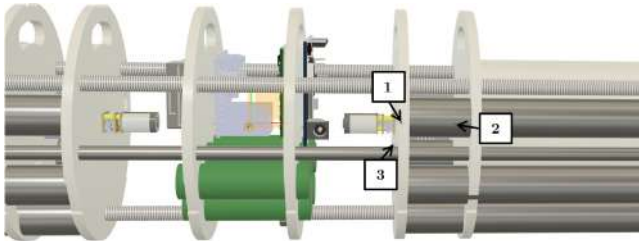


Figure 8 – Positions des centres de masse

Deux solutions d'**étanchéité** envisagées dans le projet :

- Des gorges dans l'impression 3D en **(A)** dans lesquelles se glissent des joints toriques
- Des plus petits joints toriques en **(B)** dans lesquels coulisent les axes

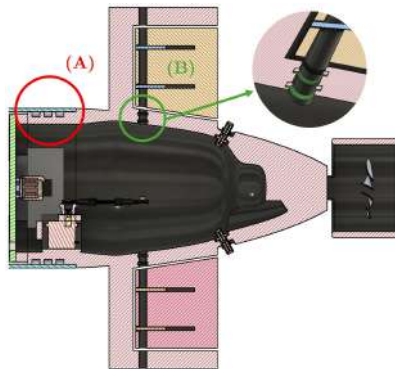


Figure 9 – Solutions de jointage dans la CAO

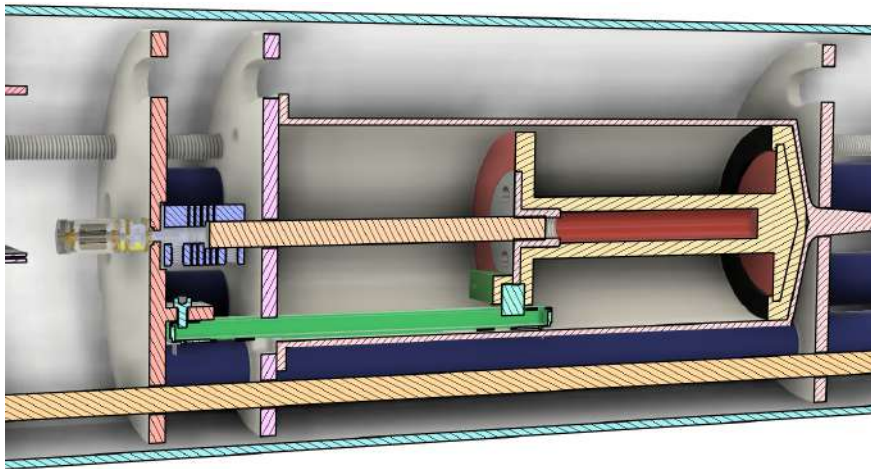


Figure 10 – Coupe de la partie seringue

Dimensionnement de la batterie

- Évaluation du besoin
 - tension nominale $U \approx 12 \text{ V}$
 - intensité maximale $I_{max} \approx 16 \text{ A}$
- Réponse au besoin
 - tension nominale $U_{\text{cellule}} = 3,7 \text{ V}$
 - intensité maximale $I_{\text{max, cellule}} \approx 10 \text{ A}$



Figure 11 – Choix des cellules
li-ion INR18650 3500 mAh

⇒ batterie **3S2P**

Schéma électrique et choix des bandes conductrices

- Nécessité d'un **BMS**
 - équilibrage des charges des cellules
 - protection de la batterie
- Choix du matériau et de la géométrie
 - bandes de nickel
 - 8 mm en largeur / 0.4 mm en épaisseur

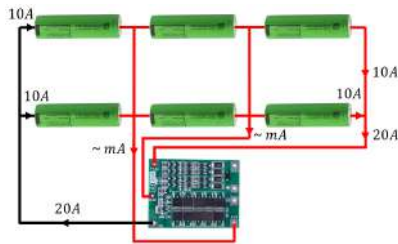


Figure 12 – Schéma électrique du lien batterie / BMS



Figure 13 – Récepteur



Figure 14 – Émetteur

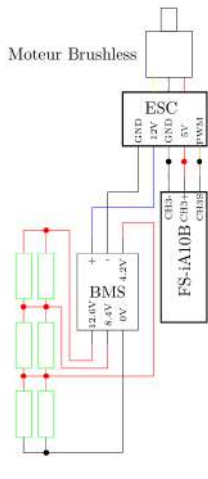


Figure 15 – Circuit du moteur brushless

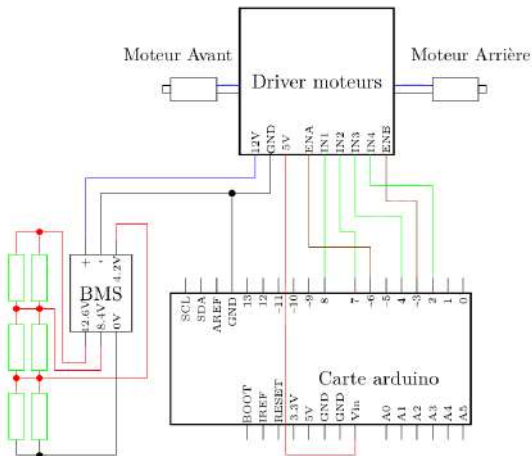
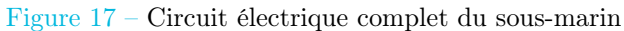


Figure 16 – Circuit des motoréducteurs



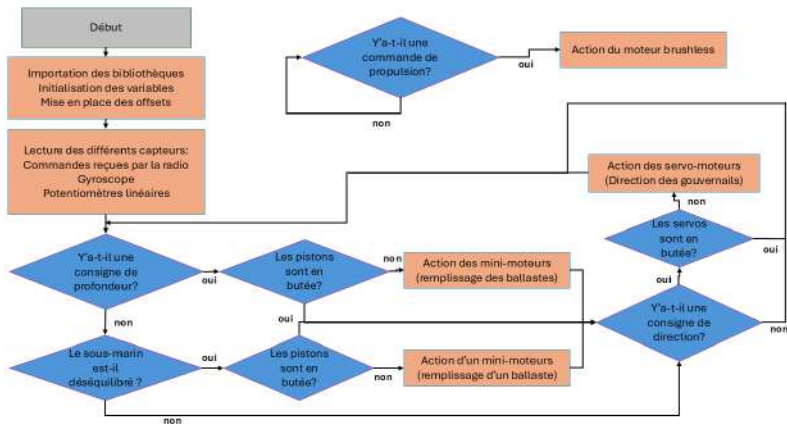


Figure 18 – Structure du code

1. Présentation du projet et des objectifs
2. Conception
3. Réalisation et tests unitaires
4. Intégration et tests
5. Communication : site internet
6. Perspectives d'amélioration
7. Travail de groupe

L'avancée du projet a été permise par la **parallélisation des tâches**, grâce aux modules du projet :

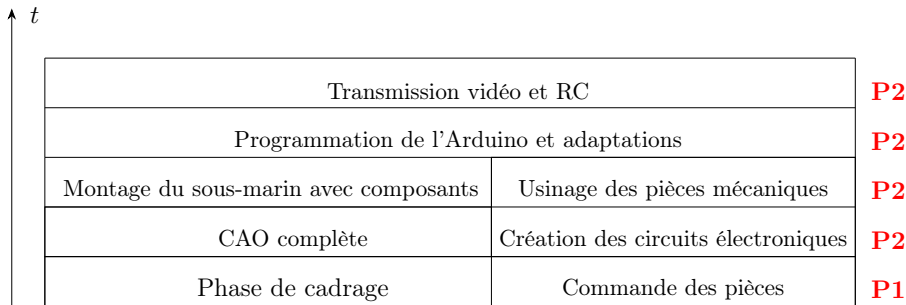


Figure 19 – Étagement du projet

Disques imprimés et leur montage :

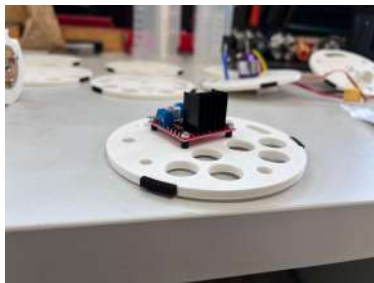


Figure 20 – Exemple de certains disques (à gauche, celui supportant le contrôleur moteur, éloigné de la surface par des entretoises elles aussi imprimées et à droite, celui tenant l'Arduino)

Structure :

- Esthétique : **corps transparent**
- Limiter les problèmes d'étanchéité : augmentation des risques avec le nombre de jonctions



Figure 21 – Ogive arrière, sortie d'imprimante



Figure 22 – Deux techniques de soudage : soudage par point à gauche, soudage classique à droite

Après avoir changé de BMS en cours de réalisation, nous obtenons :

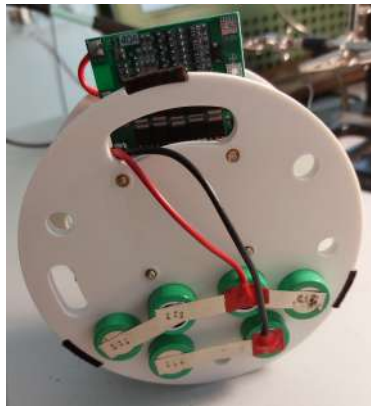
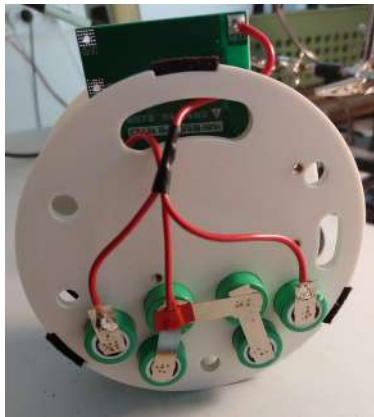


Figure 23 – Avant et arrière de la batterie assemblée



Figure 24 – Usinage sur fraiseuse des axes et montage sur les gouvernails

Sont présents :

- les supports des servomoteurs, intégrés dans la coque intérieure de l'impression 3D et qui reçoivent des **inserts filetés** pour y visser une plaque pour empêcher leur mouvement lorsque l'index tourne
- un des **axes** qui apparaît horizontalement
- la **bielle** excentrée qui est actionnée par les servomoteurs démontés pour la photo.

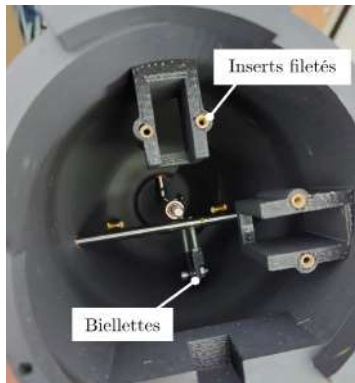
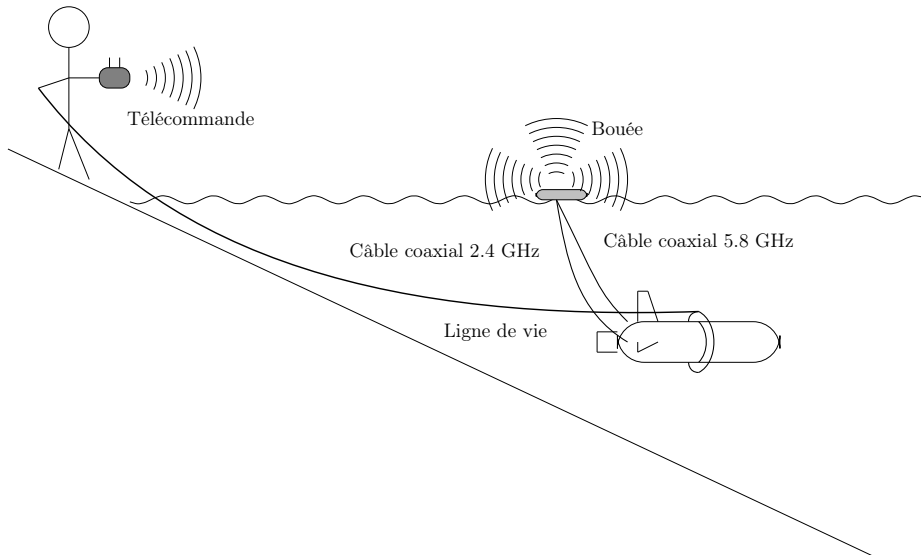


Figure 25 – Tringlerie de l'ogive arrière



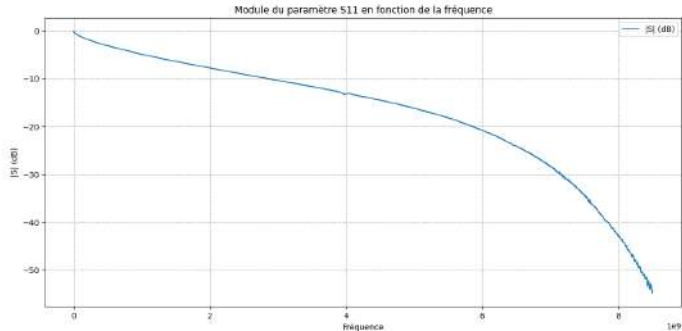


Figure 26 – Paramètre s12 du câble

Recherche de la meilleure transmission de puissance possible

- Très bonne pour les fonctions de commande
- Moins pour la vidéo

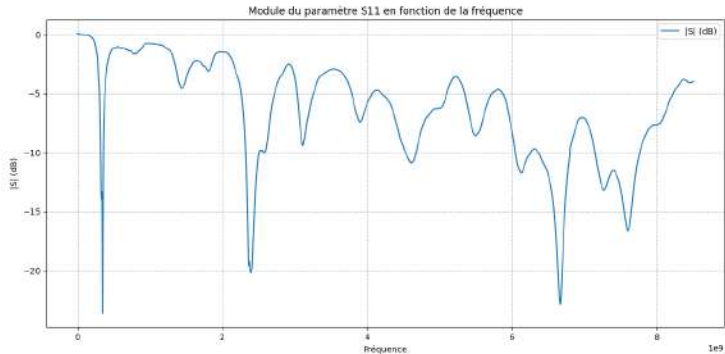


Figure 27 – Paramètre s11 de l'antenne

► Adaptée au 2.4GHz

1. Présentation du projet et des objectifs
2. Conception
3. Réalisation et tests unitaires
4. Intégration et tests
5. Communication : site internet
6. Perspectives d'amélioration
7. Travail de groupe



Figure 28 – Table de montage dans l’atelier mécanique de IMT Atlantique et machine d’usinage

Les étapes de montage du sous-marin ont été les suivantes :

- Essai dimensionnel de la solution à joints toriques
- Montage unitaire des **composants** sur les disques
- Coulissage des disques **sur les tiges filetées** en respectant les espacements
- Insertion dans le tube et fermeture de l'ensemble



Figure 29 – Rangement des composants



Figure 30 – Test en piscine



Figure 31 –
Avant du
sous-marin
submergé

- ▶ Beaucoup de fuites, certaines à des endroits inattendus
- ▶ On réfléchit rapidement à des corrections



Figure 32 – Test en bac n°1



Figure 33 – Test en bac n°2

- ▶ Moins de fuites, certaines modifications ont fonctionné
- ▶ Des fuites demeurent au niveau des gouvernails notamment

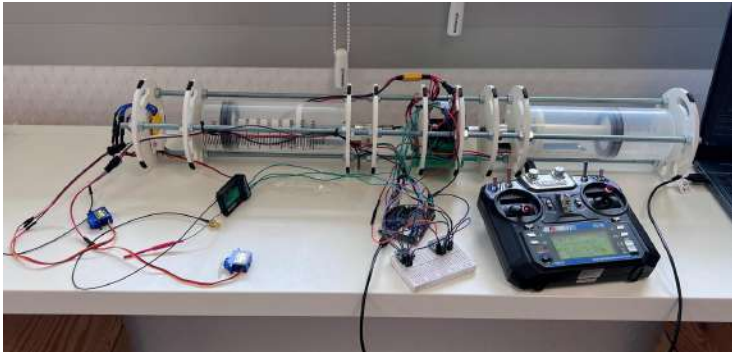
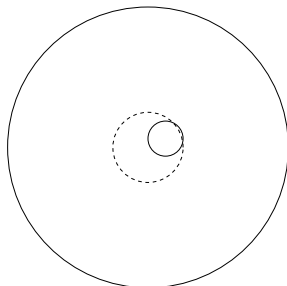


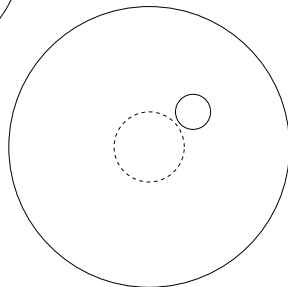
Figure 34 – Module électronique

- ▶ Les deux pistons ne progressent pas à la même vitesse
- ▶ Difficulté du côté du piston avant

- ▶ Implémentation de **zones mortes**
- ▶ Implémentation de **butées**
- ▶ Adaptation de la puissance fournie aux motoréducteurs



Non détecté



Détecté

1. Présentation du projet et des objectifs
2. Conception
3. Réalisation et tests unitaires
4. Intégration et tests
5. Communication : site internet
6. Perspectives d'amélioration
7. Travail de groupe



Figure 35 – Capture d'écran du site web



Figure 36 – Un site pensé comme une expérience

- Site one-page dynamique avec scroll fluide
- Nombreuses animations visuelles au fil du scroll
- Ambiance sonore : bruit marin et sonar discret

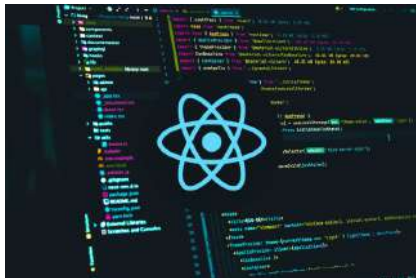


Figure 37 – React

- Options envisagées :
 - HTML/CSS
 - CMS comme WordPress

- React choisi : composants réutilisables, animations faciles à intégrer, grande liberté de création
- Stack : React + Tailwind CSS + GSAP

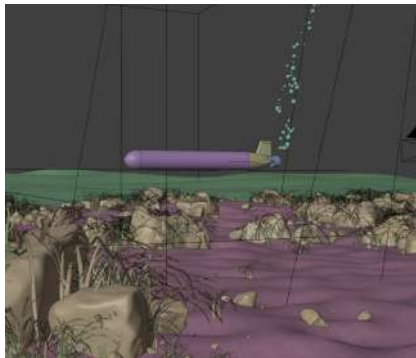


Figure 38 – Importation de *Fusion 360* dans la modélisation *Blender*

- Présentation de l'équipe et du sous-marin
- Modèle 3D interactif du prototype
- Galerie photo
- Lien vers notre GitHub
- Illustrations réalistes avec scènes animées via Blender

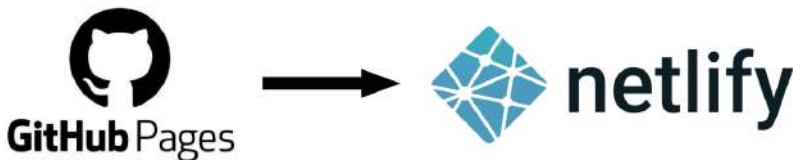


Figure 39 – Déploiement sur Netlify grâce à Github

- Hébergement via Netlify avec déploiement automatique depuis GitHub
- Site toujours à jour, accessible à tous
- Outil de communication moderne qui valorise à la fois le fond technique et la forme immersive

1. Présentation du projet et des objectifs
2. Conception
3. Réalisation et tests unitaires
4. Intégration et tests
5. Communication : site internet
6. Perspectives d'amélioration
7. Travail de groupe

- Implémentation des caméras
- Étanchéification des ogives
- Choix de métaux inoxydables
- Mise en place de la bouée



Figure 40 – Kit caméra

- ▶ Rendre le comportement des servomoteurs plus fluide
- ▶ Moduler les deux pistons en même temps au lieu d'un pour l'équilibrage
- ▶ Améliorer la précision des différents paramètres de manière empirique

1. Présentation du projet et des objectifs
2. Conception
3. Réalisation et tests unitaires
4. Intégration et tests
5. Communication : site internet
6. Perspectives d'amélioration
7. Travail de groupe



- Réussites de la gestion de projet :
- Planification à l'aide de Ganttproject
- Réduction des problèmes de conception en amont avec la CAO 3D
- Organisation pour la gestion des problèmes : solutions alternatives, tests, etc.



Figure 41 – L'équipe qui travaille à l'atelier

Réussites de l'organisation :

- Parallélisation des tâches
- Organisation des séances
- Outils collaboratifs
- Collaboration avec des personnes extérieures à l'équipe PRONTO



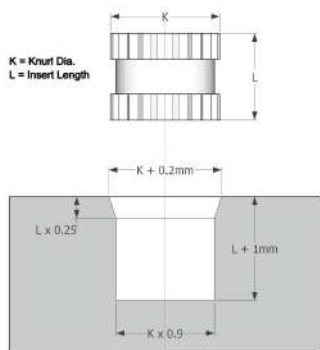
- ✓ Construire de A à Z un sous-marin
- ✓ Chaîne de puissance sur mesure
- ✓ Asservissement de ballast fonctionnel
- ✓ Communication tout au long du projet



Figure 42 – La Pron'team et son sous-marin

-  [1] Brick experiment Channel, *Building a Lego-powered Submarine 4.0 - automatic depth control*, Youtube, 16 juil. 2022.
<https://www.youtube.com/watch?v=KLEH8RJsYgI>
-  [2] Antoine Géju, *Projet Kosmos*, 2025.
<https://kosmos.fish/index.php/faq/>
-  [3] Saad-Eddine Khazari, *Site Web du projet Alysse*, 2025.
<https://abysse.netlify.app/>
-  [4] Diy Perks, *Building a DIY submarine - DIY Perk*, 2025.
<https://www.youtube.com/watch?v=pUba126uzvU>
-  [5] Norelem, *Informations techniques pour le joint torique*, 2025.
<https://urlr.me/eW8s36>

Pour assurer le bon maintien des composants, on a utilisé des inserts filetés



Utilisation du PLA (polylactic acid) :

- Facilité d'impression : faible retrait thermique, bonne adhérence au plateau
- Écologique et biodégradable : fabriqué à partir d'amidon de maïs ou de canne à sucre
- Étanche (testé en conditions extrêmes)

Figure 43 – Préconisation de modélisation

3 - Ampacity of metal strips

57

Width of strip	Thickness of strip	Cross-sectional area of strip	Approximate Wire Gauge Equivalent (AWG)	Ampacity (A) / Resistance (mΩ/meter) of metal strip when made of:															
				Copper	Aluminum	Zinc	Nickel	Iron	Tin	Carbon Steel (1018)	Stainless Steel (304, 316)								
5mm	0.1mm	0.5mm ²	26 AWG	8.2	23.6	5.8	56.4	2.5	188	2.1	160	1.5	194	1.4	210	1.0	266	8.22	1300
	0.15mm	0.75mm ²	18 AWG	12	32.4	7.4	37.6	3.7	76.7	3.1	93.2	2.3	129	2.0	145	1.3	432	820	
	0.2mm	1mm ²	16 AWG	15	16.8	9.8	28.2	4.8	59.0	4.1	63.9	3.0	97.1	2.7	109	2.1	143	843	690
	0.25mm	1.25mm ²	14 AWG	18	13.4	12	22.6	6.6	47.2	5.1	55.9	3.7	77.7	3.3	87.2	2.8	114	854	982
	0.3mm	1.5mm ²	12 AWG	21	11.2	14	18.0	7.1	33.3	6.0	46.6	4.4	64.7	4.0	72.7	3.0	95.3	885	600
	0.4mm	2mm ²	10 AWG	27	8.40	18	14.1	8.3	23.5	7.9	35.0	5.8	48.4	5.2	64.5	4.0	71.5	836	340
	0.5mm	2.5mm ²	8 AWG	31	6.72	21	11.3	11	23.9	9.7	28.9	7.2	36.8	6.6	49.0	5.8	97.2	81	276
	1mm	5mm ²	4 AWG	49	3.36	35	5.64	20	11.0	19	14.0	11	24.8	10	29.6	21	138		
	0.1mm	0.6mm ²	26 AWG	9.7	26.0	6.9	47.9	3.0	98.3	2.5	107	1.9	162	1.6	192	1.2	210	820	180
	0.15mm	0.9mm ²	18 AWG	14	18.7	8.3	31.3	4.4	65.6	3.7	77.7	2.7	100	2.4	121	1.8	159	839	767
6mm	0.2mm	1.2mm ²	14 AWG	18	14.0	11	23.5	5.9	49.2	4.9	58.2	3.8	80.8	3.2	98.8	2.5	109	852	755
	0.25mm	1.5mm ²	12 AWG	21	11.2	14	18.0	7.1	33.3	6.0	46.6	4.4	64.7	4.0	72.7	3.0	95.3	865	660
	0.3mm	1.8mm ²	10 AWG	25	9.33	18	15.7	8.4	32.8	7.2	38.9	5.3	67.7	4.7	69.6	3.4	79.4	877	383
	0.4mm	2.4mm ²	8 AWG	29	7.00	21	11.8	11	24.6	8.4	29.1	6.3	48.5	6.2	49.4	4.8	99.5	1.9	208
	0.5mm	3mm ²	6 AWG	36	5.60	24	9.80	13	19.7	11	23.2	8.5	32.4	7.6	36.3	5.8	47.7	1.59	239
	1mm	6mm ²	3 AWG	53	3.60	40	4.70	24	9.83	21	11.7	16	16.2	14	18.2	12	23.5	1.0	
	0.1mm	0.7mm ²	18 AWG	11	24.0	6.8	40.3	3.4	84.3	2.9	29.3	2.1	125	1.9	156	1.4	194	830	388
	0.15mm	1.05mm ²	16 AWG	15	16.0	10	26.5	5.1	56.2	4.3	66.6	3.1	92.5	2.8	104	2.2	106	845	657
	0.2mm	1.4mm ²	14 AWG	19	12.0	13	28.1	6.0	42.1	5.7	49.9	4.1	63.4	3.7	77.9	2.8	102	880	433
	0.25mm	1.75mm ²	12 AWG	24	9.60	16	16.1	8.2	35.7	7.0	39.9	5.1	55.5	4.6	62.0	3.5	101	875	394
7mm	0.3mm	2.1mm ²	10 AWG	29	8.00	18	13.6	9.7	28.1	8.3	33.3	6.1	46.2	5.9	51.9	4.2	68.1	830	329
	0.4mm	2.8mm ²	8 AWG	34	6.00	23	10.1	13	21.1	11	25.0	8.8	34.7	7.2	38.9	5.5	51.1	1.2	240
	0.5mm	3.5mm ²	6 AWG	39	4.80	27	8.06	16	16.9	13	20.0	9.8	27.7	8.8	31.1	6.8	40.8	1.5	187
	1mm	7mm ²	3 AWG	57	2.40	44	4.03	27	8.43	23	10.0	18	13.9	16	15.6	13	20.4	2.5	38.6
	0.1mm	0.8mm ²	18 AWG	13	21.0	7.3	35.3	3.8	73.8	3.3	87.4	2.4	121	2.1	136	1.6	178	835	863
	0.15mm	1.2mm ²	16 AWG	18	14.0	11	23.5	5.9	49.2	4.9	58.2	3.8	80.8	3.2	98.8	2.5	109	852	755
	0.2mm	1.6mm ²	14 AWG	22	10.5	15	17.6	7.5	36.9	6.4	43.7	4.7	69.7	4.2	69.1	3.2	89.4	869	431
	0.25mm	2mm ²	12 AWG	27	8.40	18	14.1	8.3	23.5	7.9	35.0	5.8	48.4	5.2	64.5	4.0	71.5	836	340
	0.3mm	2.4mm ²	10 AWG	30	7.00	21	11.8	11	24.6	9.4	29.1	6.3	48.5	6.2	49.4	4.8	99.5	1.9	208
	0.4mm	3.2mm ²	8 AWG	37	5.25	26	9.81	14	18.4	12	21.0	9.8	28.3	9.1	34.1	6.7	44.7	1.4	216
8mm	0.5mm	4mm ²	6 AWG	43	4.70	30	7.09	17	14.8	15	17.5	11	24.2	9.9	27.3	7.8	36.8	1.7	177
	1mm	8mm ²	3 AWG	61	3.10	47	5.53	29	7.38	26	8.7	20	12.1	18	13.6	14	17.9	3.4	86.7
	0.1mm	0.9mm ²	18 AWG	14	18.7	8.3	31.3	4.4	65.6	3.7	77.7	2.7	100	2.4	121	1.8	159	839	767
	0.15mm	1.35mm ²	16 AWG	19	12.4	13	28.9	6.4	42.7	5.5	51.0	4.0	71.9	3.6	80.7	2.7	104	850	383
	0.2mm	1.8mm ²	14 AWG	25	9.33	16	16.7	8.4	32.8	7.2	38.9	5.3	67.7	4.7	69.6	3.6	79.4	877	383
	0.25mm	2.25mm ²	12 AWG	29	7.47	19	12.5	10	26.2	8.8	31.1	6.5	43.7	5.9	49.4	4.5	63.6	1.0	307
	0.3mm	2.7mm ²	10 AWG	33	6.22	23	10.4	12	21.0	10	25.9	7.7	36.8	6.9	49.4	4.4	93.0	1.2	256
	0.4mm	3.6mm ²	8 AWG	40	4.67	28	7.83	16	16.4	13	19.4	10	27.8	9.8	39.7	7.8	39.7	1.5	152
	0.5mm	4.5mm ²	6 AWG	46	3.73	33	6.27	19	13.1	16	16.5	12	21.6	11	24.2	8.8	31.8	1.9	153
	1mm	9mm ²	3 AWG	64	1.92	50	3.30	32	6.96	29	7.8	22	16.9	29	12.1	16	15.9	3.9	76.7
10mm	0.1mm	1mm ²	16 AWG	15	16.0	9.8	28.2	4.8	59.0	4.1	63.9	3.0	97.1	2.7	109	2.1	143	843	690
	0.15mm	1.5mm ²	14 AWG	21	11.2	14	18.0	7.1	33.3	6.0	46.6	4.4	64.7	4.0	72.7	3.0	95.3	865	660
	0.2mm	2mm ²	12 AWG	27	8.40	18	14.1	8.3	23.5	7.9	35.0	5.8	48.4	5.2	64.5	4.0	71.5	836	340
	0.25mm	2.5mm ²	10 AWG	31	6.72	21	11.3	11	23.9	9.7	28.9	7.2	36.8	6.4	49.0	5.8	97.2	81	276
	0.3mm	3mm ²	8 AWG	36	5.60	24	9.80	13	19.7	11	23.2	8.5	32.4	7.6	36.3	5.7	47.7	1.3	239
	0.4mm	4mm ²	6 AWG	43	4.70	30	7.09	17	14.8	15	17.5	11	24.2	9.9	27.3	7.8	36.8	1.7	177
	0.5mm	5mm ²	4 AWG	49	3.36	35	5.64	20	11.0	18	14.0	11	24.8	10	29.6	2.1	138		
	1mm	10mm ²	3 AWG	65	1.68	53	2.82	34	5.88	30	7.0	24	9.7	27	10.9	12	23.5	4.3	593
	0.1mm	1.1mm ²	16 AWG	15	16.0	9.8	28.2	4.8	59.0	4.1	63.9	3.0	97.1	2.7	109	2.1	143	843	690
	0.15mm	1.5mm ²	14 AWG	21	11.2	14	18.0	7.1	33.3	6.0	46.6	4.4	64.7	4.0	72.7	3.0	95.3	865	660
0.2mm	2mm ²	12 AWG	27	8.40	18	14.1	8.3	23.5	7.9	35.0	5.8	48.4	5.2	64.5	4.0	71.5	836	340	
0.25mm	2.5mm ²	10 AWG	31	6.72	21	11.3	11	23.9	9.7	28.9	7.2	36.8	6.4	49.0	5.8	97.2	81	276	
0.3mm	3mm ²	8 AWG	36	5.60	24	9.80	13	19.7	11	23.2	8.5	32.4	7.6	36.3	5.7	47.7	1.3	239	
0.4mm	4mm ²	6 AWG	43	4.70	30	7.09	17	14.8	15	17.5	11	24.2	9.9	27.3	7.8	36.8	1.7	177	
0.5mm	5mm ²	4 AWG	49	3.36	35	5.64	20	11.0	18	14.0	11	24.8	10	29.6	2.1	138			
1mm	10mm ²	3 AWG	65	1.68	53	2.82	34	5.88	30	7.0	24	9.7	27	10.9	12	23.5	4.3	593	



IMT Atlantique
Bretagne-Pays de la Loire
École Mines-Télécom

[illegible]


```

40 // ----- 10000 loop -----
41
42 if (barre_haut <= 0. || barre_haut >100.){
43     servoz.write(barre_haut);
44     plus IF (servoz.read() < 00. || servoz.read() > 95.){servoz.write(00.);}
45
46 if (barre_vant<0. || barre_vant >100.){servoz.write(barre_vant);}
47 else IF (servoz.read()<04. || servoz.read() > 94.){servoz.write(00.);}
48
49 // -----
50
51 delay(200);
52
53 }
54
55 void lire_valeurs () {
56     barre_haut = map(analogIn (pin_barre_haut, H100), res_min, res_max, 0. + 100);
57     barre_vant = map(analogIn (pin_barre_vant, H100), res_min, res_max, 0. + 100);
58     plonge = map(analogIn (pin_plonge, H100), res_min, res_max, -1*working_range + working_range);
59
60     if (barre_haut >255){barre_haut = 255;}
61     if (barre_vant >255){barre_vant = 255;}
62     if (plonge >255){plonge = 255;}
63
64     if (barre_haut <-255){barre_haut = -255;}
65     if (barre_vant <-255){barre_vant = -255;}
66     if (plonge <-255){plonge = -255;}
67
68 }
69
70 //void equilibre()
71 // IF (x > 50. || x < -100.){
72 //     activate(-15);
73 // }
74 // else IF (x < -100. || x > 100.){
75 //     activate(25);
76 // }
77
78
79 void lire_vat () {
80     // Mesure de largeur du fuselage à 1'00. (résultats entre -100 et +100)
81     tension_A0 = A0.readADC(90); // Mesure de tension de la branche A0, par rapport à la masse
82     tension_vatir_A0 = A0C.tensionage(tension_A0);
83     tension_A1 = A01.readADC(91); // Mesure de tension de la branche A1, par rapport à la masse
84     tension_vatir_A1 = A01C.tensionage(tension_A1);

```

```

121 // Affiche l'adresse mémoire de l'axe des ordonnées et de l'axe des abscisses du point dans l'ordinateur du robot
122
123 Serial.print("Le tendon en A0 est ");
124 Serial.print(tendon_volta_A0);
125 Serial.print(", ");
126 Serial.print("Le tendon en A1 est ");
127 Serial.print(tendon_volta_A1);
128
129 }
130
131 void lire_mou () {
132
133     // Demande de lecture des données des capteurs de l'Arduino
134     wire.beginTransmission(MPU_addr);
135     wire.write(0x00); // Register de début des données de capteur
136     wire.endTransmission(false);
137     wire.requestFrom(MPU_addr, 14, true); // Lecture des 14 registres
138
139     // Lecture des valeurs de l'accéléromètre et du gyroscope
140     aCX = wire.read() << 8 | wire.read();
141     aCY = wire.read() << 8 | wire.read();
142     aCZ = wire.read() << 8 | wire.read();
143     GyX = wire.read() << 8 | wire.read();
144     GyY = wire.read() << 8 | wire.read();
145     GyZ = wire.read() << 8 | wire.read();
146
147     // Calcul des angles de rotation
148     int xAng = map(aCX, minval, maxval, -90, 90);
149     int yAng = map(aCY, minval, maxval, -90, 90);
150     int zAng = map(aCZ, minval, maxval, -90, 90);
151
152     x = AB0_TO_PEN * (sin((float)yAng, -yAng) + PI);
153     y = AB0_TO_PEN * (sin((float)xAng, -xAng) + PI);
154     z = AB0_TO_PEN * (sin((float)zAng, -zAng) + PI);
155
156     Serial.print(x);
157     Serial.print(", ");
158     Serial.print(y);
159     Serial.print(", ");
160     Serial.print(z);
161
162 }
163
164 }
165
166 }

```

```

171 void moteur1 (int stateA){
172     // Sans de mouvement
173     if (stateA < 50 && tension_volets_A0 < 4.5) // avant
174     {
175         digitalWrite(motorPinA1, HIGH);
176         digitalWrite(motorPinA2, LOW);
177     }
178     else if (stateA < 50 && tension_volets_A0 < 4.5) // arriere
179     {
180         digitalWrite(motorPinA2, LOW);
181         digitalWrite(motorPinA1, HIGH);
182     }
183     else // stop (freinage)
184     {
185         digitalWrite(motorPinA3, HIGH);
186         digitalWrite(motorPinA2, HIGH);
187     }
188     //
189     // vitesse de mouvement
190     //
191     analogWrite(enablePinA, stateA);
192 }
193
194 void moteur2 (int stateB){
195     //
196     // Sans de mouvement
197     if (stateB < 50 && tension_volets_A1 < 4.5) // avant
198     {
199         digitalWrite(motorPinB1, HIGH);
200         digitalWrite(motorPinB2, LOW);
201     }
202     else if (stateB < 50 && tension_volets_A1 < 4.5) // arriere
203     {
204         digitalWrite(motorPinB2, LOW);
205         digitalWrite(motorPinB1, HIGH);
206     }
207     else // stop (freinage)
208     {
209         digitalWrite(motorPinB3, HIGH);
210         digitalWrite(motorPinB2, HIGH);
211     }
212 }

```



```
110  
111 // Vérifier le mouvement  
112 //  
113 await this.setState({state:0});  
114  
115 }  
116 }
```