

Conception d'un Treuil de Sonar

Gwendal Priser, Gillian Roth, Dylan Roulin et Yann Thierry D'Argenlieu

June 2019

Contents

1	Résumé	2
2	Introduction	2
3	Étude des données relevées	3
3.1	Exploitation des images	3
3.2	Exemple d'images	4
4	Déformée	6
4.1	Étude mécanique	6
4.2	Simulation informatique	8
4.3	Étude des résultats obtenus	9
5	Conception d'un treuil	10
5.1	Cahier des charges	10
5.2	Treuil	12
5.3	Trancanage	12
5.4	Support	13
5.5	Moteur	18
5.6	Collecteur tournant	19
6	Conclusion	19
7	Annexe	20
8	Bibliographie	21

1 Résumé

Ce rapport présente les différentes étapes permettant une utilisation optimale d'un sonar latéral. D'une part, nous avons étudié les relevés transmis par un sonar latéral. Le format de ces données est assez atypique, l'axe des abscisses représentant une échelle de temps. Les relevés restent néanmoins exploitables, en effet il est possible de deviner la nature et la forme des objets observés par le sonar, ainsi que leurs dimensions. Dans un second temps, nous avons étudié la déformée du câble pour en déduire le lay-back du sonar. Avec l'hypothèse du déplacement en régime stationnaire, les valeurs trouvées se sont révélées cohérentes et en accord avec les données constructeurs, mais révèlent des imperfections lorsqu'on les compare à des données réelles. Finalement nous avons procédé à la fabrication d'un système permettant d'enrouler le câble et de le tracter. Pour ce faire, nous avons trouvés un treuil possédant un couple et une vitesse de rotation adéquates, ainsi qu'un système de trancannage adapté à ce treuil. Nous avons ensuite choisi parmi différents collecteurs tournants celui s'adaptant le mieux à notre problème. Finalement nous avons conçu un support pour fixer notre système treuil + trancannage + collecteur tournant au bateau en respectant un cahier des charges assurant une utilisation optimale en mer.

2 Introduction

Le sonar est une technique de détection d'objets par émission d'ondes sonores. On envoie une onde sonore puis celle-ci se réfléchit sur l'objet et on mesure la différence des temps d'émission et de réception pour savoir à quelle distance se trouve l'objet. [6] [4]

Cette technique s'appuie sur les découvertes de Paul Langevin en 1915. Celui-ci démontre que l'on peut utiliser des ondes sonores sous l'eau pour communiquer puis que l'on peut utiliser les ondes sonores pour détecter des sous-marins.

Aujourd'hui on utilise les ondes sonores pour cartographier les fonds marins, détecter des objets sous-marins, et effectuer des échographies.

L'étude actuelle s'appuie sur un sonar pour cartographier les fonds marins. On doit donc dans un premier temps analyser certaines données relevées par le sonar. Le sonar étant sous l'eau il est impossible pour lui de communiquer par GPS. On doit donc obtenir une position relative par rapport au

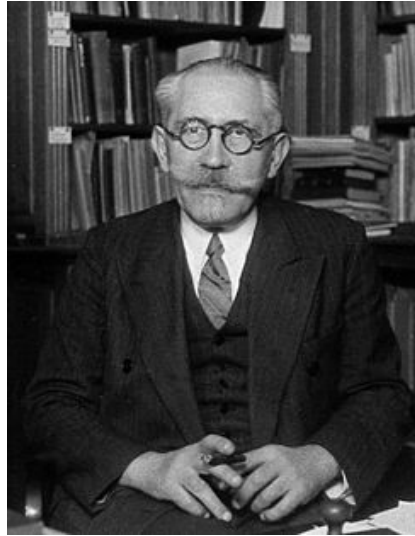


Figure 1: Paul Langevin

bateau qui, lui, peut être localisé par GPS. On cherchera donc dans un second temps à simuler la position du sonar par rapport au bateau. Enfin dans un troisième temps on cherchera à concevoir par conception assistée par ordinateur un système permettant de relever le sonar. On concevra donc un treuil, un système de trancanage et un système de fixation au bateau.

3 Étude des données relevées

3.1 Exploitation des images

Les images obtenues par un sonar latéral ont la spécificité d'avoir un temps et non pas une distance sur l'axe des abscisses. Le sonar émet un faisceau d'ondes et les ondes sont ensuite représentées sur le graphe en fonction du temps mis pour revenir jusqu'au sonar après avoir rencontré un obstacle. La luminosité d'un pixel d'abscisse t représente le nombre d'ondes ayant fait un aller-retour en une durée t . Si beaucoup d'ondes reviennent au même moment, le point sera très lumineux, et au contraire si aucune onde ne revient en une durée t , le point sera noir. C'est le phénomène que l'on peut observer au centre de l'image, en effet les ondes les plus rapides mettent un temps $t_0 = 2\frac{h}{v}$ avec h la hauteur du sonar par rapport au fond et v la vitesse de

l'onde dans l'eau, donc la bande située entre $-t_0$ et t_0 est évidemment noir. Comme on suppose la vitesse de l'onde connue, on peut grâce à la largeur de la bande noire déterminer la distance entre le sonar et le fond marin. $H = t_0 \frac{v}{2}$ donc si la bande s'élargit, on s'éloigne du fond et si la bande noire rétrécit rapidement, cela veut dire que le sonar s'approche dangereusement du fond.

3.2 Exemple d'images

Du fait de la nature des images obtenues, il n'est pas aussi intuitif de deviner les objets que sur des images classiques. Un moyen de reconnaître des objets est d'étudier leurs ombres temporelles. Sur la figure, on peut voir sur la partie de droite des ombres horizontales. D'après la forme des ombres, les objets sont posés verticalement et assez haut pour que les ondes émises ne passent pas au-dessus. On peut donc supposer que ces objets sont des pylônes posés au fond de l'eau. La ligne brillante sur la droite traversant les tâches sombres peut être un câble ou un ponton accroché aux pylônes.

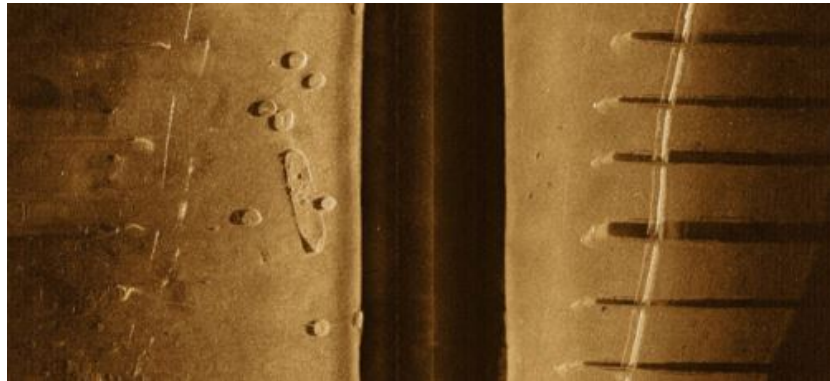


Figure 2: Pylônes vu par les sonars

Sur la figure, on peut apercevoir une perturbation de la bande noire centrale. Si on aperçoit des couleurs claires au milieu, cela signifie que des ondes ont fait un aller-retour plus rapidement que les ondes qui tapent le fond et reviennent. Cette perturbation est donc causée par des obstacles proches du sonar tels que des bancs de poisson par exemple.

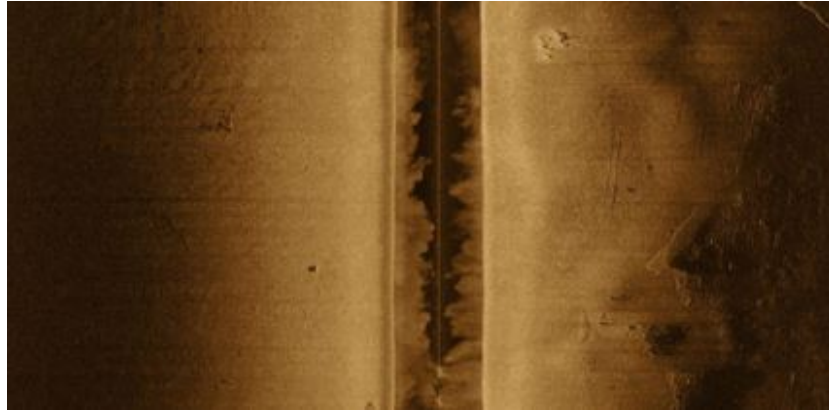


Figure 3: Bande noire qui permet de mesurer la profondeur

En mesurant l'ombre temporelle d'un objet, on peut trouver une valeur approchée de sa hauteur. Déterminons la hauteur de l'obstacle sur la figure

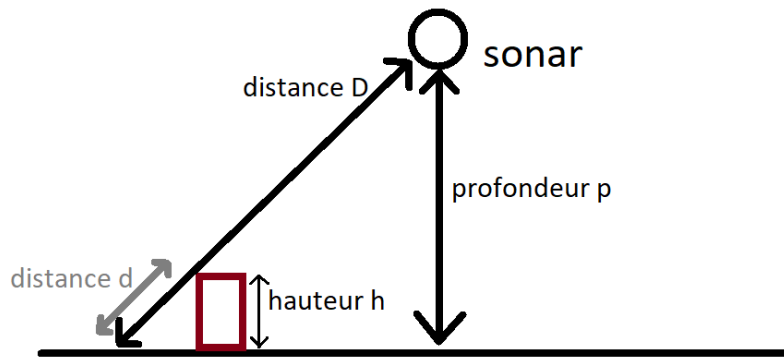


Figure 4: Représentation du sonar et de l'obstacle en spatial

L'onde parcourt $2d$ en un temps T_{tache} et $2D$ en un temps T_{total} . En appliquant le théorème de Thalès sur la figure 3, on obtient $\frac{d}{h} = \frac{D}{p}$, ce qui nous donne en multipliant par : $\frac{2}{vonde}$: $h = \frac{T_{tache}p}{T_{total}}$

D'après le logiciel DeepView, l'obstacle observé mesure 0.7m de haut comme on peut le voir sur la figure.

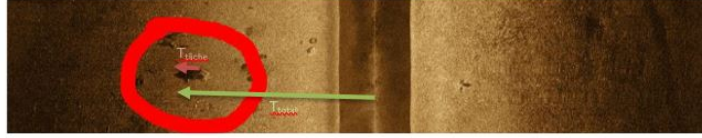


Figure 5: D'après le logiciel DeepView, l'obstacle observé mesure 0.7m

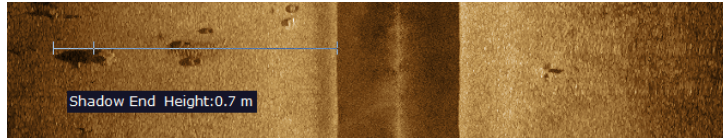


Figure 6: Mesure de hauteur d'un objet

En comparant les images, les temps utiles ne sont pas les mêmes. Comme la largeur de la bande noire n'est pas utilisée, le logiciel ne calcule pas la profondeur p entre le sonar et le fond, la méthode qu'il utilise est donc différente.

4 Déformée

Les ondes à haute fréquence telles que les ondes électromagnétiques ont beaucoup de mal à se propager dans l'océan [5]. Comme indiqué en introduction, on souhaite simuler la déformée afin de déterminer le layback. Le layback permet de calculer la position GPS du sonar en fonction de la position GPS du bateau. On souhaite donc écrire un programme python traçant la déformée du câble en fonction de la vitesse du courant et de celle du bateau, car ces valeurs peuvent être connues par le bateau.

4.1 Étude mécanique

Avant de passer à la partie informatique, il faut modéliser physiquement le phénomène. Le câble subit son poids, la poussée d'Archimède, une force de trainée hydrodynamique et des tensions aux limites avec le sonar et avec le bateau.



7

$$\begin{cases} F_{0x} = \frac{1}{2}\rho(CS_{sonar} + C_f S_{lat-sonar})v^2 \\ F_{0y} = (M_{sonar} - \rho V_{sonar})g \end{cases}$$

Maintenant on progresse tronçon par tronçon de câble pour déterminer l'angle β_n que forme le tronçon n avec l'axe des abscisses. On applique le PFS sur un tronçon, la théorie de la mécanique des fluides [1] fournit les expressions suivantes des forces de traînée :

$$T_n = \frac{1}{2}\rho C_p D L \sin^2(\beta_n) v^2$$

$$T_n = \frac{1}{2}\pi \rho C_f D L \cos^2(\beta_n) v^2$$

Les équations du PFS en projection dans le repère Oxy donnent:

$$\begin{cases} F_{x,n} = F_{x,n-1} + T_t \cos(\beta_n) + T_n \sin(\beta_n) \\ F_{y,n} = F_{y,n-1} + P - \Pi + T_t \sin(\beta_n) - T_n \cos(\beta_n) \end{cases}$$

Puis on obtient une dernière équation au moyen du théorème du moment statique :

$$-\frac{L}{4}\rho C_p D L v^2 \sin^2(\beta_n) - L F_{x,n-1} \sin(\beta_n) + L F_{y,n-1} \cos(\beta_n) + \frac{L}{2}(M_{cable} - \rho V_{cable})g \cos(\beta_n) = 0$$

qui nous permettra de former un système de trois équations afin de déterminer les trois inconnues : $F_{x,n}$, $F_{y,n}$ et β_n .

4.2 Simulation informatique

Après avoir déterminé les équations, on les résout sur le logiciel Python, on cherche d'abord $F_{x,n}$ et $F_{y,n}$ que l'on trouve au moyen des équations issues du PFS puis le module **fsolve** de la bibliothèque *scipy.optimize* nous permet de résoudre l'équation non linéaire issue du TMD et de trouver β_n . On stocke les β_n dans une liste, puis on peut facilement obtenir les abscisses et ordonnées des points entre chaque tronçons grâce aux β_n , le tracé donne la déformée.

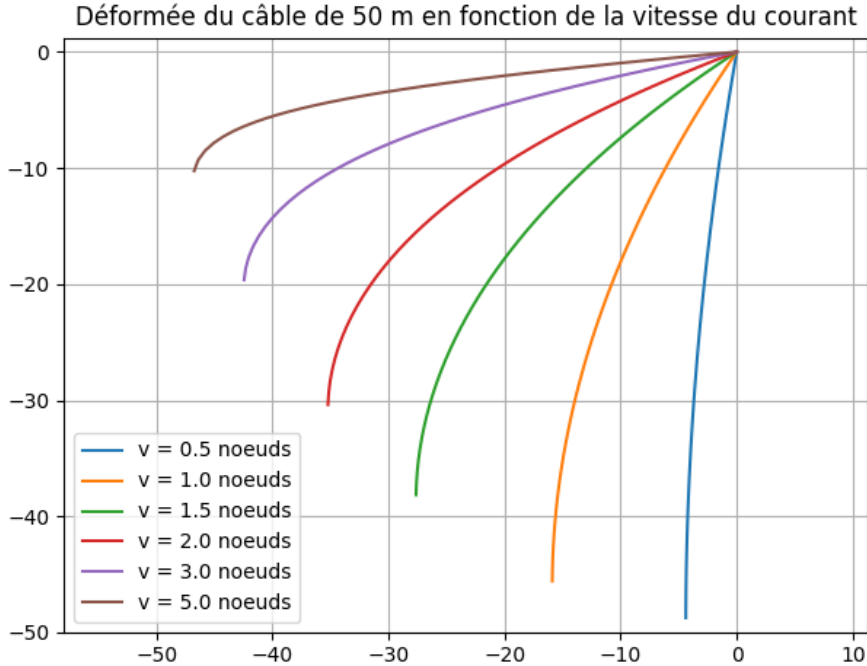


Figure 9: Tracer de déformée en fonction de vitesses

4.3 Étude des résultats obtenus

Le programme python décrit précédemment nous donne des déformées de formes concaves, le comportement de la courbe est cohérent avec le choix de la vitesse : la courbe est verticale pour une vitesse nulle, horizontale pour une vitesse très élevée et on peut voir sur la figure X l'évolution de la courbe entre 0.5 et 5 noeuds. Les Lay-backs retournés par le programme pour un câble de 50 mètres sont affichés figure X et, en les comparant aux valeurs annoncées par le constructeur, on trouve des écarts absolus de l'ordre du décimètre pour un écart relatif moyen de 2.2%. Notre modèle de simulation est donc en accord avec les données constructeur. Nous remarquons que ces valeurs dépendent principalement de la vitesse du courant qui est au carré dans l'expression des différentes forces de trainée. En réalité les valeurs du lay-back peuvent être assez éloignées des valeurs théoriques. Par exemple, des relevés sur le terrain montrent que pour un bateau à une vitesse de 2.8 noeuds

le lay-back est de 5.6m, alors que notre programme nous donne un lay-back de 2.3m, soit plus de 100% d'erreur, ce qui remet en cause notre modèle complet. Ces différences peuvent être dues au fait qu'on considère le déplacement comme rectiligne uniforme, on néglige les déplacements verticaux du bateau dus aux vagues. La rigidité du câble peut être aussi la cause d'un lay-back différent, dans notre modèle le câble est totalement souple.

5 Conception d'un treuil

5.1 Cahier des charges

Nous pouvons résumer les besoins exprimés dans les schémas suivants. Le diagramme d'analyse fonctionnelle :

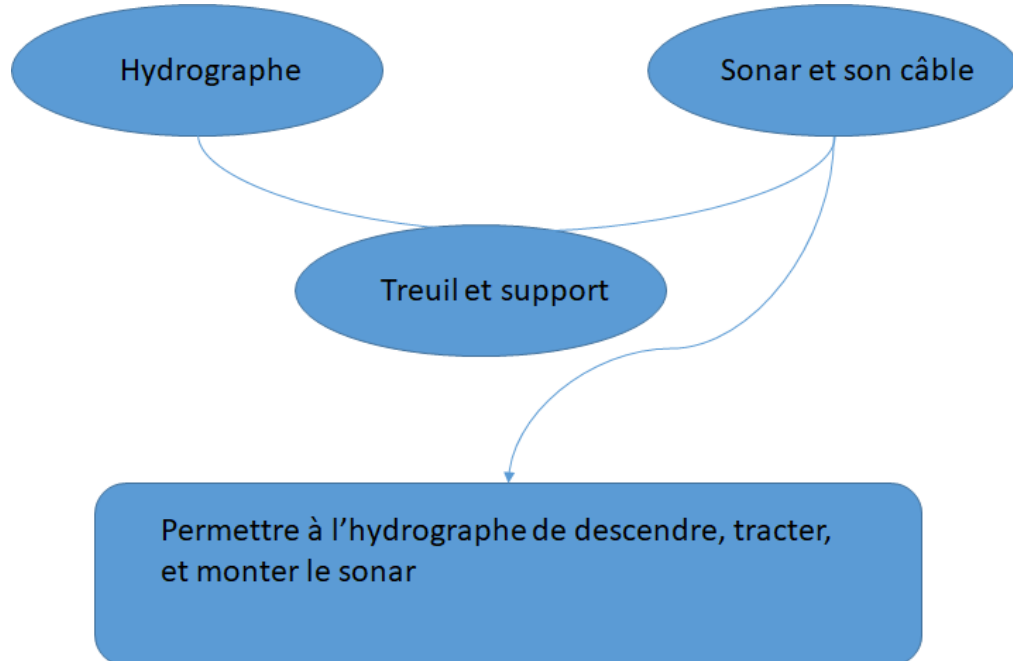


Figure 10: Bête à cornes

FP: Permettre à l'utilisateur de manœuvrer le sonar

FC1 : Enrouler et dérouler le câble

FC2 : Ne pas détériorer le câble

FC3 : Guider le câble

FC4 : Résister au milieu marin

FC5 : Respecter le milieu marin

FC6 : Recevoir de l'énergie

FC7 : S'adapter au Zodiac

FC8 : S'adapter à l'utilisateur

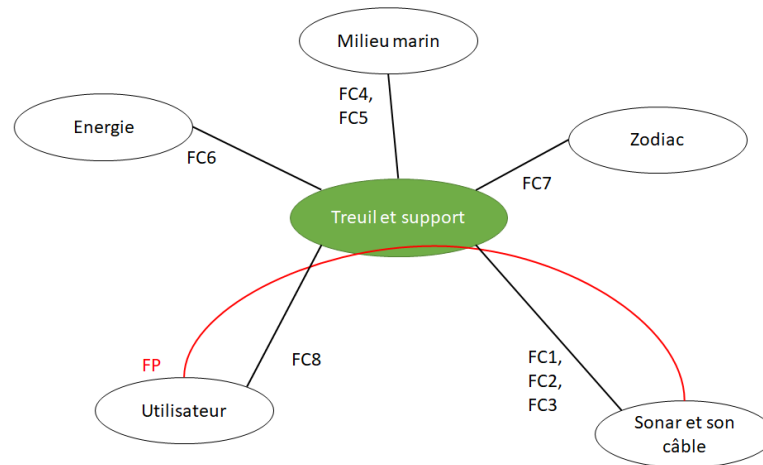


Figure 11: Diagramme des interactions

	Fonctions	Critères	Niveaux	Flexibilité
Treuil	FP1: Permettre à l'utilisateur de manœuvrer le sonar	Charge temps normal Charge maximale	1500N 2000N	F0 F0
	FC1 : Enrouler et dérouler le câble	Longueur à enrouler Temps de roulement pour 50m	50m NA	mini
	FC2 : Ne pas détériorer le câble	Collecteur tournant Rayon de courbure du câble (à fortiori du tambour) pas trop faible		
	FC3 : Guider le câble/trancannage	Diamètre du câble Vitesse va-et-vient	6.3mm Adapté au câble et au treuil	F0
	FC4 : Résister au milieu marin	Corrosion	INOX	F0
	FC5 : Respecter le milieu marin	Pollution		
	FC6 : Recevoir de l'énergie	Batterie du Zodiac	12V	F0
	FC7 : S'adapter au Zodiac	0m Ordre de la largeur du boudin	mini	
	FC8 : S'adapter à l'utilisateur	Distance sonar/CG utilisateur	0.5m	F3 (d'après les profs.)

Figure 12: Tableau de caractérisation

5.2 Treuil

Une analyse fine de l'existant nous a permis de trouver un catalogue de treuils électriques du constructeur Planeta. Parmi les contraintes, il faut s'assurer que le câble se déforme le moins possible. Ainsi, les treuils à grand diamètre de la gamme PFW-E sont intéressants i.e. les modèles PFW-2D [7]. Le treuil doit également pouvoir soulever 2000N i.e. les modèles PFW-2D 500 et plus. Le diamètre du câble utilisé pour le catalogue est identique à celui de notre câble. Beaucoup de données de la documentation du treuil peuvent donc être conservées.

Le constructeur suggère ne pas dépasser 5 étages lors du rembobinage. Nous allons suivre ce conseil même s'il s'agit d'un câble de différente nature. Le programme python en annexe [2] permet de dimensionner le diamètre et la longueur du tambour. Pour 5 étages, pour le diamètre imposé du PFW-2D 500 (160mm), et pour une longueur donnée (entre 100mm et 500mm, par pas de 20mm); on vérifie que le tambour permet d'enrouler 50m de câble. On vérifie également que le temps d'enroulement (pour le moteur fourni par défaut) n'est pas trop grand. Le programme nous indique que le treuil de longueur 140mm permet d'enrouler 52.6m. Puisque cela semble trop juste, on choisit la longueur juste au-dessus à 160mm, qui permet d'enrouler 60m. Pour un tel treuil, le modèle V15 permet de tout enrouler en 3.4 minutes.

On choisit finalement le modèle PFW-2D 500 V15 de Planeta. Par défaut, ce treuil est motorisé par un motoréducteur triphasé 400V 50Hz. On change de motoréducteur par la suite. Il pèse 65kg avec le motoréducteur par défaut et sans les options. Parmi les options possibles [8], on peut choisir un système d'embrayage, de frein à main, ou de manivelle. Une combinaison de ces 3 options peut être intéressante pour libérer le sonar plus rapidement sans entraîner le moteur, ou pour bloquer le tambour pour avoir une longueur de câble voulue, ou de pouvoir utiliser le treuil même si le moteur tombe en panne. Une variante offshore, adaptée à l'environnement marin sur un navire, est aussi possible. Nous allons choisir cette variante offshore.

5.3 Trancannage

Une option particulièrement intéressante pour les treuils Planeta, est le système de trancannage. Ce dernier est une demande du client final. Le système de trancannage est directement relié au tambour. De ce fait, changer de motoréducteur ne modifiera pas le trancannage.

Il est précisé sur le site que ce système de trancannage peut être intégré à n'importe quel treuil Planeta. Malgré nos efforts, nous n'avons pas pu trouver une documentation sur ce système, en particulier les dimensions. Nous avons alors contacté Planeta pour plus d'informations, sans réponse. Pour la modélisation numérique, nous nous sommes reposés sur les photographies et la vidéo du site [9]. Le système est de l'ordre de grandeur du tambour.

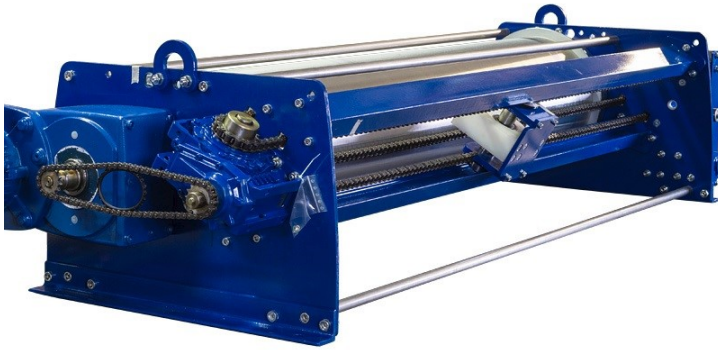


Figure 13: Système de Trancannage

5.4 Support

Pour le support du treuil, nous avons choisi un modèle tubulaire pour faciliter par la suite la simulation des efforts et déformations. Une telle section se trouve dans la bibliothèque du logiciel RDM Ossatures. Pour le choix du matériau à utiliser pour le support, nous avons utilisé CES edupack. Le matériau devait tout d'abord avoir une durabilité excellente en présence d'eau salée, mais comme il doit également supporter le poids du treuil et la tension du câble sans se dégrader, nous avons défini un minimum pour les modules

de Young et de cisaillement à 50 GPa, ainsi qu'une ténacité minimale à $10 \text{ MPa.m}^{-1/2}$. Parmi les résultats proposés figure N, nous avons choisi l'acier inoxydable car il est un des moins chers et plus adapté à ce type de montage que du cuivre ou du nickel.

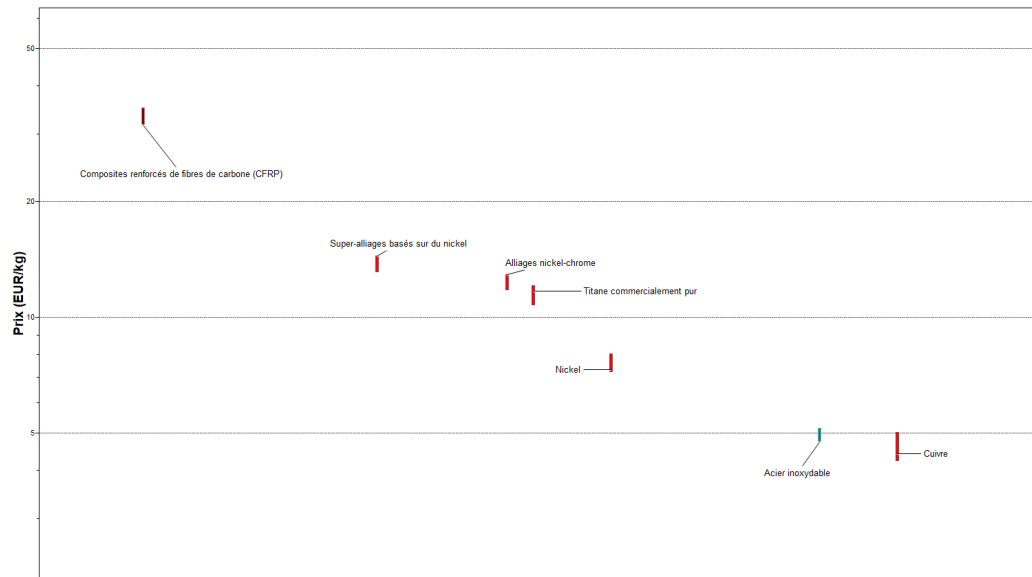


Figure 14: matériaux disponibles en fonction du prix au kg

Le treuil doit être excentré par rapport au zodiac. Le support doit aussi pouvoir être démontable. Pour simplifier l'usinage et l'assemblage du support sur le bateau, le support tubulaire se compose en trois parties :

- L'interface tableau-arrière/support est réalisée par deux brides à fourche avec tourillons métalliques attachées au tableau arrière du bateau. Elles s'accrochent sur le tableau arrière de chaque côté du moteur. Elles ne doivent pas gêner le moteur, et être le plus écartées possibles. La fixation peut se faire en utilisant des boulons inoxydables. L'appui-plan de la poutre sur le haut du tableau arrière absorbe la plupart de la force du support.
- Le support ne doit pas gêner le moteur, qui doit pouvoir être levé, et tourner. Dans un premier temps, nous avons regardé ce que donnait un simple cadre avec une poutre horizontale. Pour que ce système respecte

le cahier des charges, il a fallu un poids conséquent. On a alors rajouté des relaxations : la forme étant inspirée de la structure des grues pour pouvoir supporter une charge importante. Nous avons supprimé une relaxation sous la poutre horizontale parce qu'elle gênait le treuil. Le cadre principal vient se glisser en centrage long dans les deux supports d'accroche. Ceci facilite le démontage du support. On rajoute une goupille pour la poutre en traction, pour qu'elle puisse transmettre ses efforts au tableau arrière. Si l'on met une goupille dans la poutre en compression, il faut s'assurer que les efforts passent par l'appui-plan plus que par la goupille. On choisit de ne pas mettre de goupille sur la poutre en compression.

- Le support sur lequel s'accroche le treuil. Il est constitué d'une plaque sur laquelle le treuil se visse et de deux accroches en U métalliques pour accrocher la plaque au cadre tubulaire. La plaque a la même épaisseur que les raidisseurs du treuil (qui doit pouvoir supporter l'ensemble treuil + motoréducteur). Les trous de vis pour les vis en U sont les mêmes que celles du raidisseur. Le frottement metal-metal abime cependant les U-bolts et la poutre horizontale est également en mouvement donc est un danger potentiel. Les U-bolts risquent de lâcher s'ils sont soumis à une contrainte en cisaillement, ce qui est possible si le câble tire de travers.

Le support final pèse 45kg. La modélisation numérique a été effectuée pour le moteur triphasé, et non pas le moteur à courant continu. Ce dernier est plus léger.

Pour l'étude du support du treuil, nous l'avons reproduit sur Ossatures, puis nous lui avons fait subir différents efforts : l'effort vertical subit à l'arrêt, l'effort subi à une vitesse de 5 nœuds, et un effort de 2000N correspondant au cas limite fixé dans le cahier des charges. Pour exprimer les forces, on récupère du programme utilisé pour tracer la déformée du câble les forces du dernier tronçon sur le treuil, auxquelles on ajoute le poids du treuil en force verticale.

Cas num .1 : bateau à l'arrêt

- $v = 0$ nœuds
- Force verticale : $F_x = 0\text{N}$

- Force horizontale : $F_z = 71 + 650 = 721\text{N}$

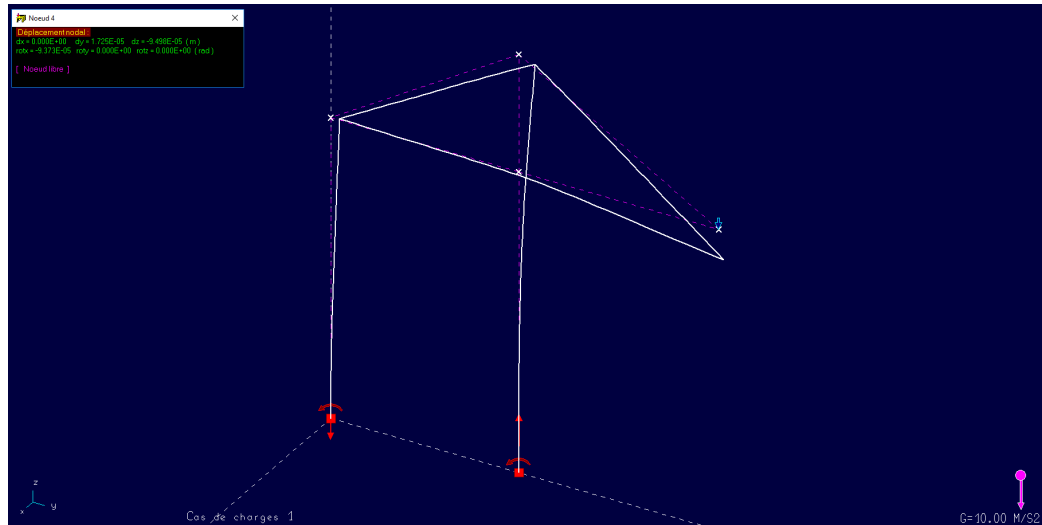


Figure 15: Déformation dus support à l'arrêt

La déformation verticale est de moins de 0.1mm au niveau du treuil, le support tubulaire est largement capable de supporter la charge.

Cas num .2 : bateau à vitesse maximale

- $v = 5$ nœuds
- Force verticale : $F_x = 102\text{N}$
- Force horizontale : $F_z = 9 + 650 = 659\text{N}$

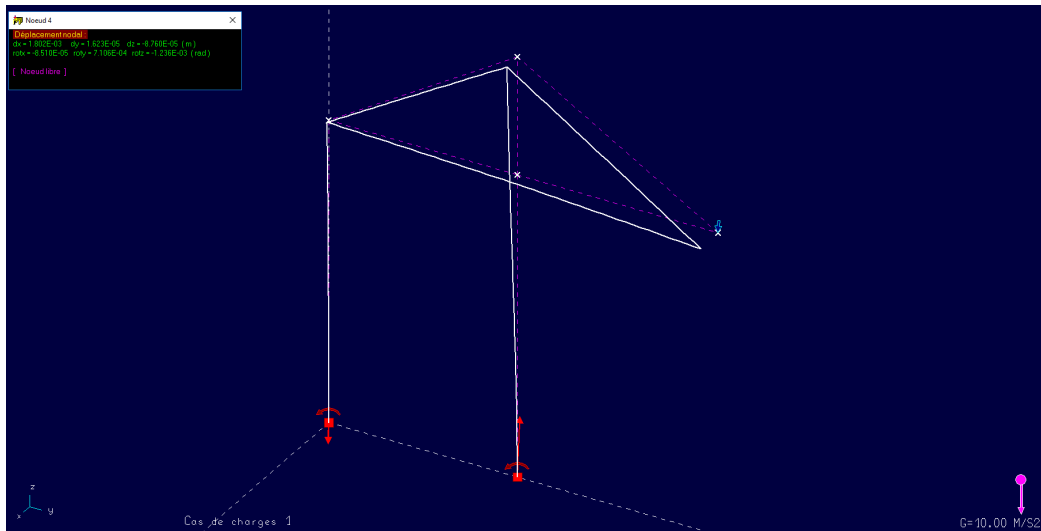


Figure 16: Déformation dus support à 5 noeuds

Comme le poids du treuil est prépondérant face à la tension exercée par le câble, la force est encore une fois quasiment verticale, ce qui explique que la déformation horizontale ne soit que de 0.01mm. La déformation horizontale est de 1.8mm ce qui est encore raisonnable.

Cas num .3 : Accrochage du fond marin

- Force verticale : $F_x = 102\text{N}$
- Force horizontale : $F_z = 9 + 650 = 659\text{N}$
- Angle par rapport à l'horizontale : 57 degrés

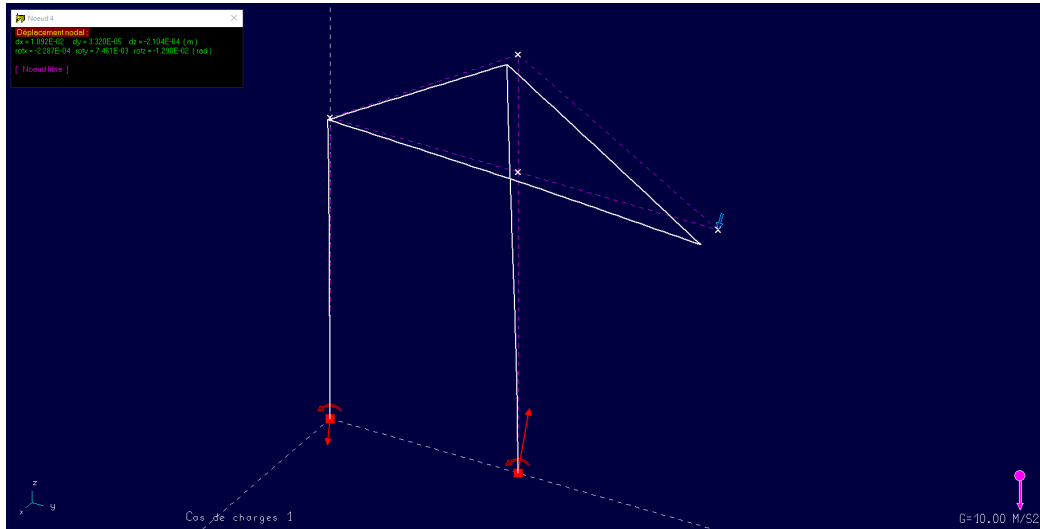


Figure 17: Déformation en cas d'accrochage

Pour une force de 2000N, la déformation verticale est de 19mm. L'effort subi par la poutre centrale est de 3847N, malgré cette valeur il n'y a pas flambement d'après la figure en annexe. La structure respecte donc le cahier des charges.

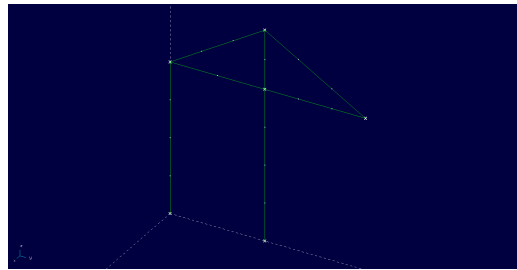


Figure 18: Pas de flambement

5.5 Moteur

Le moteur fourni de base avec le treuil est un moteur triphasé s'alimentant en 400V, ce qui est incompatible avec la batterie du bateau. Nous avons contacté le fabricant de treuil Planeta car celui-ci avait spécifié sur son site qu'il pouvait incorporer la motorisation sur demande afin de connaître les

spécifications des moteurs incorporables. N'ayant reçu aucune réponse, nous avons trouvé le motoréducteur fonctionnant en courant continu sur du 12V, possédant une vitesse de rotation proche du moteur initial et de taille un peu inférieure, nous permettant de l'adapter facilement au montage. On l'a dimensionné selon sa vitesse de rotation et son couple. Le couple dimensionnant est 2 fois le couple nominal, calculé en fonction de la tension du câble et le diamètre du tambour. On a choisi un moteur de 30 tour/minutes car on n'a pas spécifiquement besoin de remonter le sonar de manière très rapide de plus remonter le sonar trop vite pourrait poser des problèmes au niveau de l'enroulement. On a choisi un moteur du plus haut couple possible sachant que nous étions limités par l'alimentation.

5.6 Collecteur tournant

Pour le transfert de données, le treuil doit être équipé d'un collecteur tournant possédant au moins 5 connexions. Nous en avons trouvé un qui possède un domaine de vitesse de rotation contenant celui du treuil et une taille adaptée pour l'incorporer au treuil [3]. Différents modèles possédant plus ou moins de connexions sont disponibles, mais le modèle possédant 6 connexions i.e. ES6 suffit pour l'utilisation que l'on en fait. Un trou dans le tambour, qui ne torsade pas trop le câble, est nécessaire pour le relier au collecteur tournant.

6 Conclusion

A travers notre étude, on a pu aborder les méthodes pour analyser des images rapportées par un sonar latéral, même s'il subsiste quelques incertitudes liées au format des images récupérées. On a également réalisé une simulation informatique de la déformée d'un câble de mouillage en effectuant des hypothèses simplificatrices permettant ainsi de rendre exploitable les données relevées par notre sonar. Les résultats trouvés concordent avec les données constructeur, mais les hypothèses ne correspondent apparemment pas aux données relevées sur le terrain. Enfin on a pu concevoir un objet technique du cahier des charges jusqu'à la maquette 3D capable de supporter la traction du sonar. On a ainsi pu mettre à profit les compétences acquises au cours de cette année en mécanique du solide déformable, résistance des matériaux et modélisation 3D au travers d'un projet à enjeux réels.

7 Annexe

Nous ajoutons ici en annexe certaines figure pour ne pas surcharger le corps du rapport :

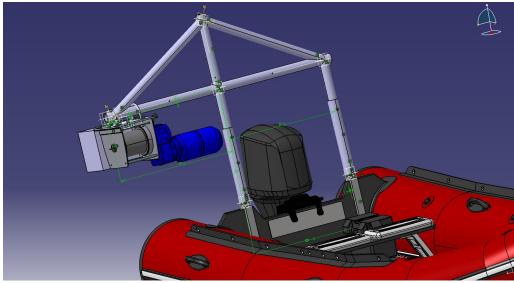


Figure 19: Une maquette numérique a été réalisée grâce au logiciel Catia. Le projet est sur moodle.

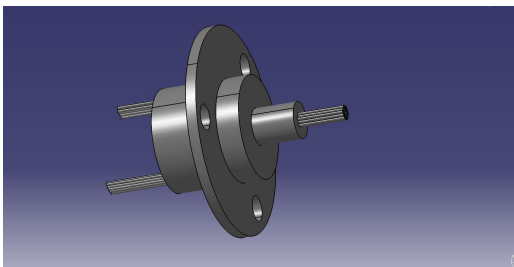


Figure 20: Maquette numérique du collecteur tournant ES6

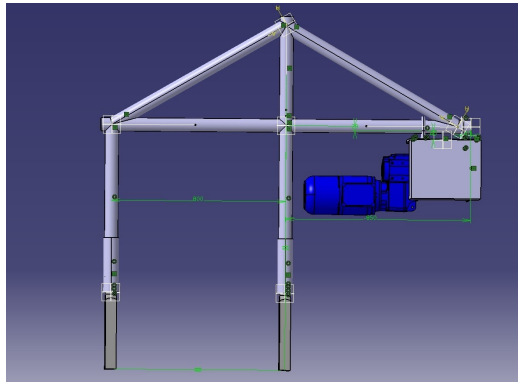


Figure 21: Maquette numérique du support

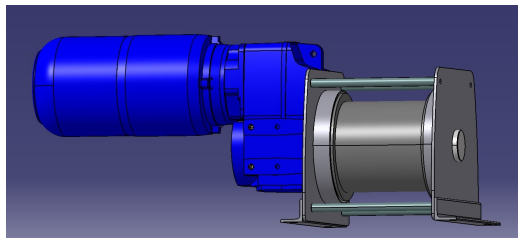


Figure 22: Maquette numérique du treuil sur étagère

8 Bibliographie

References

- [1] Université de Brest. *Principe de la modélisation des mouillages*. URL: <http://www-connexes.univ-brest.fr/lpo/mouillages/visualiser/m02.htm>.
- [2] Y. Thierry D'Argenlieu. *Programme de dimensionnement*. URL: [calc_long.py](#).
- [3] DSTI. *Catalogue collecteurs*. URL: <https://www.dsti.com/pdfs/catalogs/DSTI-ES-Series-Catalog.pdf>.
- [4] fas.org. *Histoire des sonars*. URL: https://fas.org/man/dod-101/navy/docs/es310/uw_acous/uw_acous.htm.

- [5] Tor Arne Reinen et Tone Berg Gunnar Taraldsen. *The underwater GPS problem*. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6003649>.
- [6] Xavier Lurton. *Histoire des sonars*. URL: <https://www.universalis.fr/encyclopedie/sonar/1-historique/>.
- [7] Planeta. *Catalogue de choix de treuils*. URL: [catalogue-treuil.pdf](#).
- [8] Planeta. *options possibles de treuils*. URL: [option-treuil.pdf](#).
- [9] Planeta. *Trancanage*. URL: <https://www.planeta-hebetechnik.eu/en/rope-winches/spooling-device/aisv-detail>.