



UE 2.2 Projet de « Découverte de systèmes »

Projet 4 : Treuillage d'un sonar remorqué

Jean-François Guillemette – Irvin Probst
07/05/2025

Table des matières

1	INTRODUCTION.....	2
2	EXPLOITATION DES DONNEES RECUEILLIES	3
2.1	Compréhension basique des images	3
2.2	Géo-référencement des données.....	5
2.3	Problèmes lors des mesures.....	6
3	MODELISATION DE LA DEFORMEE DU CABLE DE REMORQUAGE.....	7
3.1	Données d'entrée	7
3.2	Démarche générale de résolution	7
3.3	Modélisation des efforts hydrodynamiques	7
3.4	Validation du modèle.....	8
4	CONCEPTION D'UN SUPPORT DE TREUIL DE MISE A LA MER	9
4.1	Expression succincte de besoin	10
4.2	Démarche de conception	11

1 Introduction

Pour détecter la présence d'objets posés sur les fonds marins, une technique consiste à utiliser les sonars latéraux. Ces sonars ont des antennes linéiques assez longues (de l'ordre du mètre), qui sont installées sur des poissons remorqués que l'on immerge relativement près du fond, de manière à avoir une bonne rasance et donc détecter facilement les objets par leur « ombre acoustique ».

Le sonar, tracté par le bateau, passe systématiquement sur les objets après le bateau. Or la position GPS utilisée pour géo-référencer les données est celle du bateau : les données ainsi obtenues seront donc décalées de la distance horizontale entre le bateau et le sonar. Il convient donc d'estimer cette distance (« lay-back ») afin de corriger le positionnement des données : cela peut être fait soit en suivant un protocole d'essais approprié, soit en estimant la déformée du câble de traction du sonar.

L'étude des déformées de câbles est une problématique que l'on retrouve en ingénierie offshore pour le dimensionnement des ancrages. Cette déformée dépend naturellement des conditions d'écoulement autour du câble et du sonar, mais aussi des mouvements générés par le bateau sur le câble (par exemple, mouvement de pilonnement imposé par le navire).

Afin de faciliter la mise à la mer du sonar, un treuil est généralement utilisé pour enrouler ou dérouler le câble : réussir à enrouler une longueur importante de câble, comme c'est le cas des treuils hydrologiques, n'est pas si facile si on cherche un enroulement homogène afin de ne pas abîmer le câble...

En conclusion, on voit donc que pour déployer et exploiter ce système de mesure efficacement, de nombreux phénomènes physiques sont à prendre en compte : ce sujet a pour but d'en explorer quelques-uns.

Dans un premier temps vous serez amenés à vous familiariser avec l'interprétation des images issues d'un sonar latéral et le géo-référencement des objets détectés. On étudiera ensuite un des problèmes récurrents lors du déploiement d'un sonar latéral, le comportement du câble servant à le tracter. Enfin une étude de conception sera menée afin d'implanter un treuil d'un fabricant sur un navire et éventuellement d'intégrer un système de trancannage.

Avant de commencer il est fortement recommandé de s'appuyer sur les trois premiers paragraphes du cours fourni sur Moodle (« Fichiers utiles ») pour comprendre le fonctionnement d'un sonar latéral.

Lors de ce projet il est attendu de votre part que vous preniez des initiatives : si une question vous est posée explicitement dans le sujet, il est fort probable qu'elle soit une piste pour vous aider à orienter votre réflexion, pas une simple question scolaire qui appelle une réponse stéréotypée reprenant un cours quelconque.

2 Exploitation des données recueillies

Pour cette série de questions il est recommandé d'ouvrir les fichiers de données disponibles sur Moodle dans le logiciel DeepView, installé sous Windows sur les PC de l'école ou disponible ici : http://deepvision.se/dl/DeepView_FV_3_0.msi si vous souhaitez l'installer sur vos ordinateurs personnels. Son utilisation est suffisamment simple pour se passer de commentaires.

2.1 Compréhension basique des images

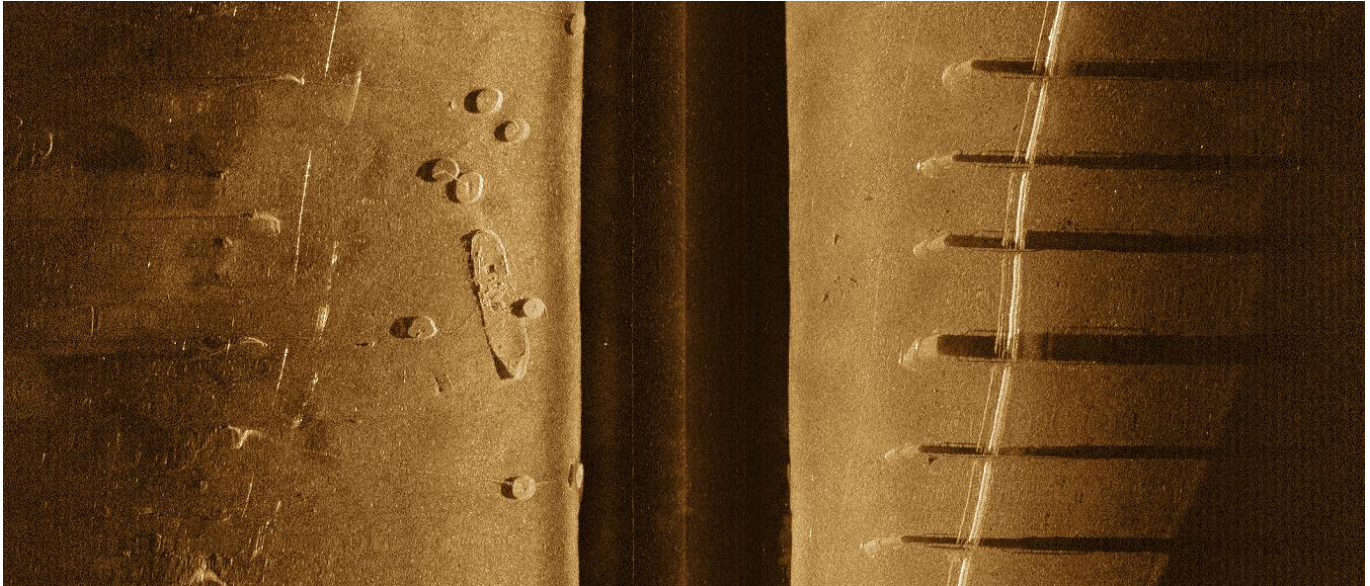


Figure 1 : Données issues du fichier exploitation_image_1.dvs

- Quelle grandeur physique est-elle mesurable sur l'axe horizontal de l'image ?
- Comment interpréter la luminance des différents pixels ?
- Que représente la bande noire au centre ?
- Quelle information peut-on déduire en mesurant cette bande ?
- Que risque-t-il d'arriver si au cours de l'acquisition des données on s'aperçoit que la bande noire se réduit rapidement ?
- Selon vous quel type de construction voit-on sur la droite ?
- Comment peut-on interpréter la ligne brillante continue à droite de l'image ?

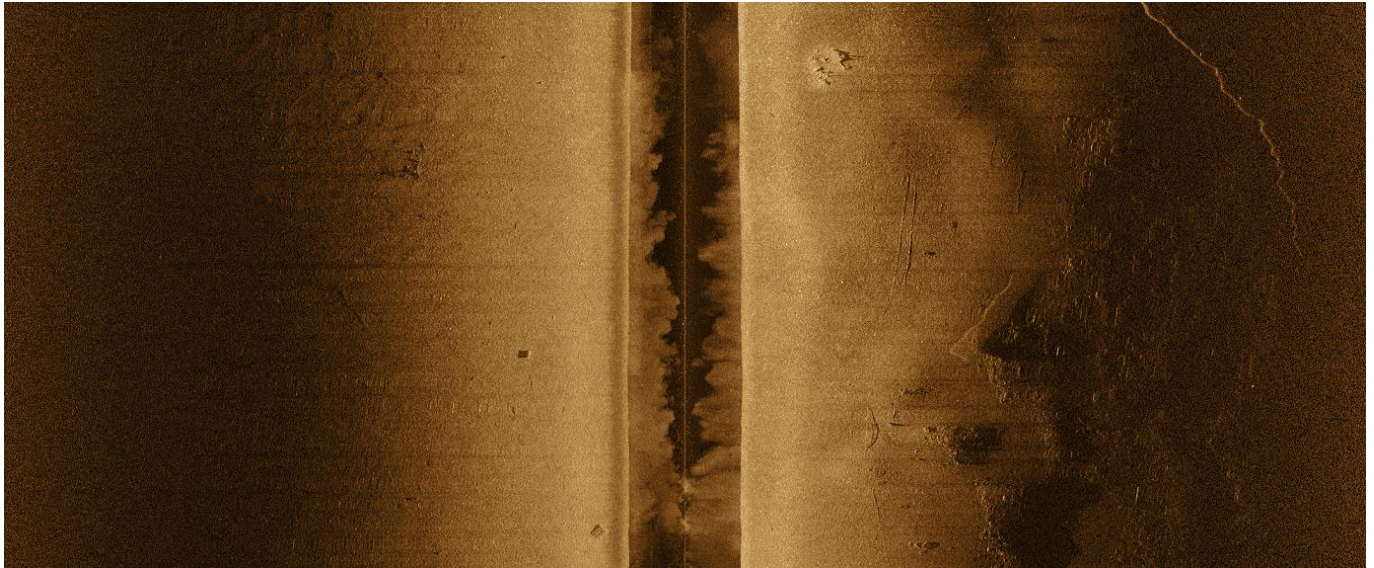


Figure 2 : Bande noire perturbée, fichier tripod_1.dvs

- Que se passe-t-il pour que la bande noire soit ainsi perturbée ?



Figure 3 : Mesure de hauteur d'un objet, fichier tripod_1.dvs

On remarque un objet dont on souhaite calculer la hauteur aux coordonnées approximatives $48^{\circ}22,682'N$ / $4^{\circ}28.870'W$

- Comment déterminer la hauteur d'un objet ? Faites un schéma pour expliquer votre raisonnement.
- En utilisant l'outil intégré à DeepView, quelle hauteur mesurez-vous ?
- Les informations que vous demandent le logiciel pour calculer cette hauteur vous semblent-elles correspondre à la méthode de calcul que vous avez proposée ?

2.2 Géo-référencement des données

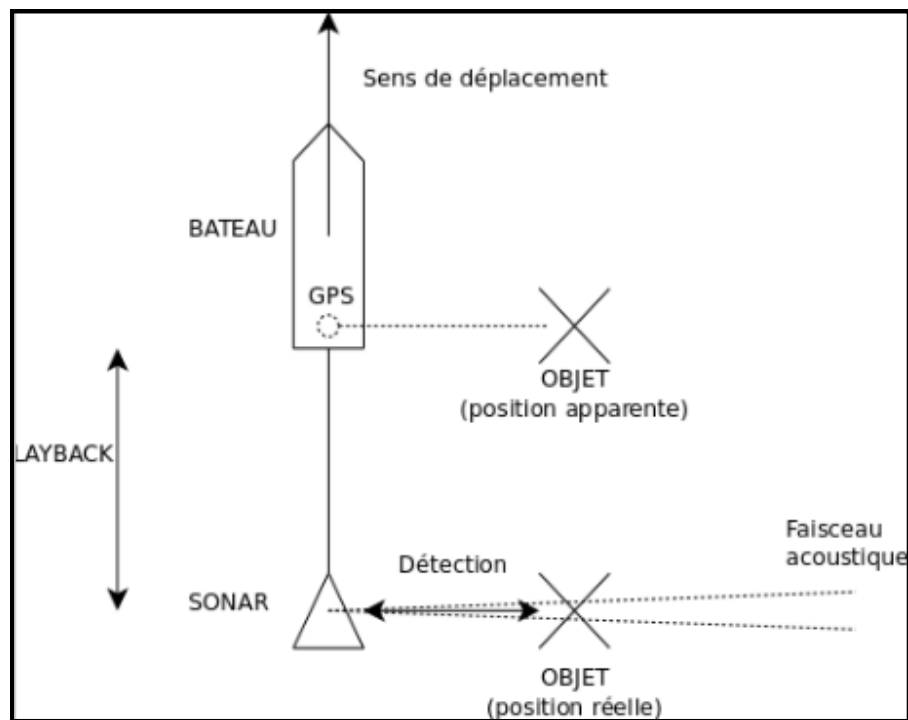


Figure 4 : Influence du layback sur le géo-référencement

Le sonar, tracté par le bateau, passe systématiquement sur les objets après le bateau. Or la position GPS utilisée pour géo-référencer les données est celle du bateau, les données ainsi obtenues seront donc décalées de la distance horizontale entre le bateau et le sonar.

- Pourquoi ne met-on pas une antenne GPS sur le sonar ?
- Comment peut-on déterminer le layback en effectuant deux passages à un cap différent sur le même objet ? Faites un schéma.

Dans le logiciel DeepView il y a, en bas à gauche, une position géographique qui évolue lorsqu'on bouge le curseur sur les données. Ces données sont sous la forme dite « degrés minutes décimales » et la résolution est de 0.001 minute en longitude comme en latitude.

- Que représente cette position lorsque le curseur suit la ligne verticale au centre de l'image ?
- Selon vous comment la position estimée est-elle calculée lorsque le curseur n'est pas sur cette ligne verticale ? Donnez un ordre de grandeur, en mètres, de l'incertitude ainsi induite sur le positionnement latéral d'un objet.
- Grâce aux fichiers tripode_1.dvs et tripode_2.dvs déterminez le layback en utilisant, par exemple, un des plots du tripode immergé. Il faudra utiliser le logiciel Circé pour projeter les positions géographiques relevées et aboutir à un calcul de distance cohérent, on utilisera la projection UTM Zone 30.
- Quelle est, en mètres, la résolution des positions fournies par le logiciel DeepView lorsqu'on est aux alentours du Finistère ? On utilisera comme coordonnées de référence 48°N 4°W.
- En déduire un ordre de grandeur sur l'incertitude du layback ainsi mesuré.

2.3 Problèmes lors des mesures

En pratique on remarque qu'en utilisant le matériel de l'école, les mesures présentent régulièrement un aspect de tôle ondulée telle que vue dans le fichier *artefacts.dvs*.



Figure 5 : Artefacts lors de la mesure fichier *artefacts.dvs*

- Quel type de mouvement du sonar pourrait être à l'origine de cet aspect ?

3 Modélisation de la déformée du câble de remorquage

L'objectif de cette partie est d'établir un modèle de déformée de câble afin d'estimer le layback du sonar.

Pour modéliser la déformée du câble de remorquage, nous ferons l'hypothèse que le câble se comporte comme l'association de n tronçons rigides articulés entre-eux. De plus nous supposons qu'aucun courant n'est présent dans la colonne d'eau : le milieu fluide est donc considéré au repos. Enfin, l'étude se fera en régime stationnaire.

3.1 Données d'entrée

Vitesse du bateau :	environ 3 à 4 nœuds (vitesse fond)
Diamètre du câble :	6.3 mm
Longueur maxi de câble filé :	50 m
Type de sonar :	« DeepEye DE3468D » (DeepVision)
Caractéristiques du sonar :	voir document « <i>DeepVision Side Scan Sonar_Gamme.pdf</i> »

3.2 Démarche générale de résolution

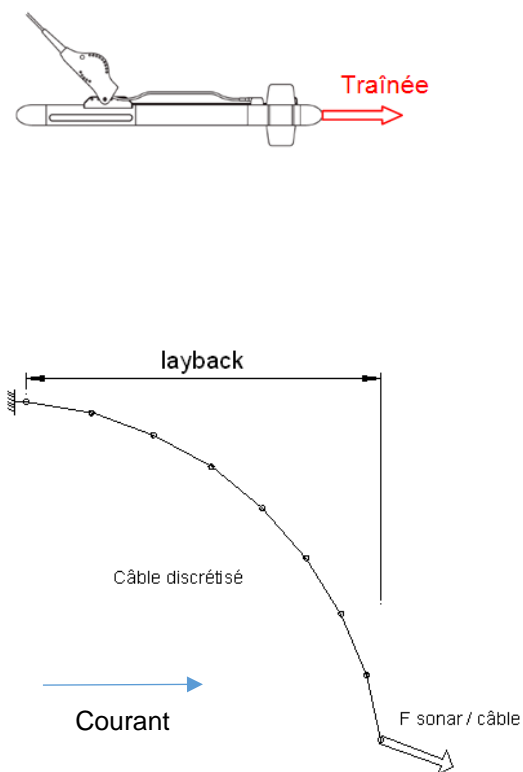
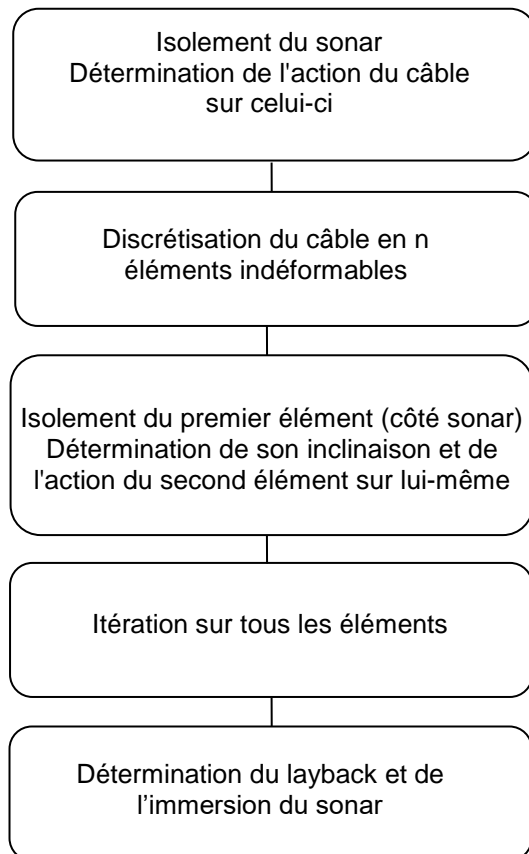


Figure 6 : Modèle de câble discrétisé en tronçons rigides

3.3 Modélisation des efforts hydrodynamiques

Les efforts hydrodynamiques agissant sur le câble et le sonar seront modélisés à l'aide des informations données dans le document intitulé « *Modélisation des mouillages.pdf* ». C'est un extrait d'un document édité par le Laboratoire de Physique des Océans de l'Université de Bretagne Occidentale : J.P. GIRARDOT, Mouillages, Brest, UBO, 2001.

3.4 Validation du modèle

Afin de valider votre modèle de déformation de câble, vous pourrez répondre aux questions suivantes :

- Le modèle se comporte-t-il convenablement pour certains cas de charge particuliers ?
- Les valeurs de layback et d'immersion sont-elles comparables à celles annoncées par le constructeur dans les tableaux de la **Figure 7** ? Discuter des écarts éventuels.
- Votre modèle est-il sensible à l'évolution de certains paramètres ? Lesquels sont à estimer avec précision ?
- Le layback obtenu est-il cohérent avec le layback mesuré dans DeepView ?

Conclure sur la pertinence d'un tel modèle pour estimer le layback.

		Speed knots					
		0.5	1	1.5	2	3	5
Cable out meter	10	10	9	9	9	8	5
	25	24	24	22	20	14	8
	50	49	46	39	31	20	10
	100	98	81	58	43	25	12
	150	143	105	71	50	28	13
	200	186	124	80	55	30	14

Table 2: The depth in metres with the information of the speed and the length of the cable.

		Speed knots					
		0.5	1	1.5	2	3	5
Cable out meter	10	0	0	1	2	4	7
	25	1	4	8	12	18	22
	50	4	15	27	35	42	47
	100	17	51	73	83	92	97
	150	37	95	121	133	142	147
	200	63	141	171	183	192	197

Table 3: The layback in metres with the information of the speed and the length of the cable.

Figure 7 : Performances annoncées par le constructeur du sonar

4 Conception d'un support de treuil de mise à la mer

Dans cette partie nous vous proposons de concevoir un support de treuil motorisé qui pourra à terme permettre de réguler la profondeur du sonar en fonction de la bathymétrie rencontrée : telle est la demande d'enseignants-chercheurs de l'ENSTA Campus de Brest ayant notamment mené des recherches hydrographiques sur la localisation de l'épave de la nef « La Cordelière », navire coulé en 1512 proche de Brest. Il est notamment envisagé que ce treuil soit implanté sur la « Mélité », nouveau navire hydrographique de l'ENSTA inauguré en mai 2023 (cf. **Figure 8**).



Figure 8 : Inauguration de la « Mélité »

4.1 Expression succincte de besoin

A l'heure actuelle, la mise en œuvre du sonar DeepEye est totalement manuelle (cf. **Figure 9**) : le réglage de la longueur filée de câble s'effectue à l'aide d'un touret tourné à la main (repère n°4 sur la photo de la **Figure 10**).

Afin de pouvoir faciliter ce travail, il est demandé dans un premier temps de disposer d'un « touret motorisé » : pour cela on vous propose d'implanter un treuil motorisé sur un navire. Dans un second temps (qui dépasse le cadre de ce projet UE2.2), ce « touret motorisé » sera piloté en fonction de la bathymétrie rencontrée de façon à assurer une profondeur sonar/fond constante pour améliorer la qualité des observations effectuées.



Figure 9 : Mise à l'eau manuelle d'un sonar



Figure 10 : Equipement actuellement utilisé pour la mise en œuvre du sonar DeepEye

Le treuil est capable de stocker jusqu'à 50 m de câble électro-porteur : un système optionnel de trancannage peut être implanté afin d'assurer l'intégrité du câble lors du treuilage.

Le treuil doit supporter au minimum une tension en pointe dans le câble de 1500 N et si possible jusqu'à 2000 N en cas de croche du sonar avec le fond.

L'ensemble du système sera fixé sur les platines de fixation latérales présentes sur la plage arrière de la « Méлитé » (cf. **Figure 11**). La maquette numérique sera déposée sur Moodle, en format lisible avec Catia.

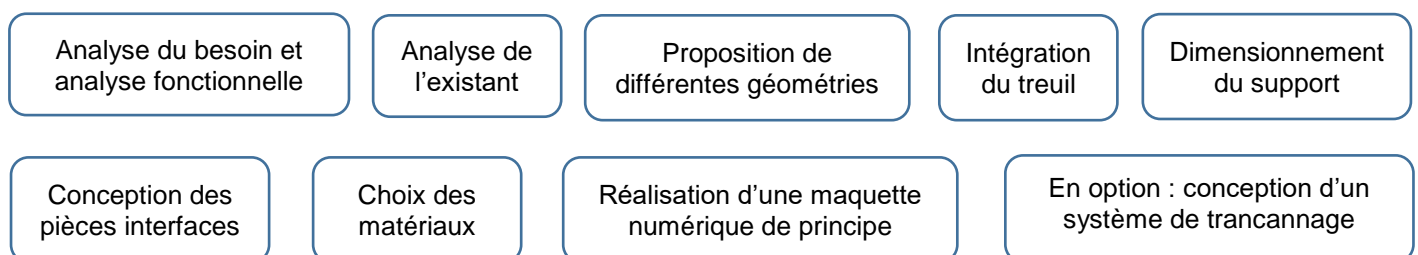
Une structure métallique à base de tubes est à imaginer afin de déporter le treuil sur le côté du navire. La non-interférence de ce support avec les autres éléments présents sur la plage arrière sera bien sûr à assurer.



Figure 11 : Zoom sur les platines de fixation à disposition

4.2 Démarche de conception

Afin de concevoir le support du treuil de remorquage, il vous faudra réaliser les différentes tâches ci-dessous, avec une organisation qui dépendra de chaque équipe :



Le dimensionnement du support sera mené soit de façon analytique, soit par utilisation du logiciel RdM Le Mans.

La maquette numérique sera réalisée *idéalement* avec le logiciel Catia V5, dans un format compatible avec la version V5-6R2020.