

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE



LABORATORY OF GREEN AND MECHANICAL  
DEVELOPMENT -LGMD



Département de Génie Mécanique

Mémoire de projet de fin d'études Pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en Génie  
Mécanique

---

Conception d'un bateau dépollueur

---

**KERROUM Saadeddine**

Sous la direction de **M. BENBRAIKA Mohamed** ENP

Présenté et soutenu publiquement le (11/07/2024)

**Composition du jury :**

Président :	Pr. SMAILI Arezki	Professeur	ENP
Promoteur :	M. BENBRAIKA Mohamed	MAA	ENP
Examineur :	Dr. SAIDI Djamel	MCA	ENP
Invité :	M. BENDERRADJI Hamid	PDG	ECOREP
Invité :	M. BOUFLIH Laid	DT	ERENAV

ENP 2024



RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE



LABORATORY OF GREEN AND MECHANICAL  
DEVELOPMENT -LGMD



Département de Génie Mécanique

Mémoire de projet de fin d'études Pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en Génie  
Mécanique

---

Conception d'un bateau dépollueur

---

**KERROUM Saadeddine**

Sous la direction de **M. BENBRAIKA Mohamed** ENP

Présenté et soutenu publiquement le (11/07/2024)

**Composition du jury :**

Président :	Pr. SMAILI Arezki	Professeur	ENP
Promoteur :	M. BENBRAIKA Mohamed	MAA	ENP
Examineur :	Dr. SAIDI Djamel	MCA	ENP
Invité :	M. BENDERRADJI Hamid	PDG	ECOREP
Invité :	M. BOUFLIH Laid	DT	ERENAV

ENP 2024

## ملخص

يتضمن هذا العمل تصميم قارب إزالة التلوث مصنوع من الألياف الزجاجية، يمكنه جمع النفايات البلاستيكية والمواد الهيدروكربونية العائمة في البحر، ويهدف إلى اقتراح نموذج للصناعة البحرية في الجزائر بحيث تكون جاهزة للتصنيع في المستقبل وبالتالي المساهمة في حل مشاكل التلوث البحري. أدى التصميم الأمثل إلى قارب بطول 9 أمتار. تمت طباعة نموذج ثلاثي الأبعاد.

**كلمات مفتاحية:** قارب إزالة التلوث – المخلفات البحرية – الهيدروكربونات العائمة – نظام إزالة التلوث

## Abstract

This work involves the design of a depolluting boat made of fiberglass, which can collect plastic waste and hydrocarbons at sea. It aims to propose a model for the marine industry in Algeria so that it will be ready for manufacturing in the future and subsequently contribute to solving the problems of marine pollution. The optimal design resulted is a boat with 9m in length. A model was 3D printed.

**Keywords :** Depolluting boat - marine debris - floating hydrocarbons - depolluting system.

## Résumé

Ce travail comporte la conception d'un bateau dépollueur fabriqué en fibres de verre, qui peut collecter les déchets plastiques et les hydrocarbures en mer. Il vise à proposer un modèle pour l'industrie marine en Algérie pour qu'il soit prêt à la fabrication dans le futur et par la suite contribuer dans la résolution de problèmes de la pollution marine. La conception optimale a donné lieu à un bateau de longueur de 9m. Une maquette a été imprimée en 3D.

**Mots clés :** bateau dépollueur - déchets marins - hydrocarbures flottants - système de dépollution.

# Dédicace

*Je dédie ce mémoire à mes parents, pour leur amour inconditionnel, leur soutien indéfectible et leurs encouragements constants tout au long de mon parcours académique. Leur confiance en mes capacités a été une source inestimable de motivation et de force.*

## Remerciements

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce mémoire de fin d'études.

Tout d'abord, mes sincères remerciements vont à Monsieur BENBRAIKA, mon encadreur, pour avoir proposé ce sujet captivant et pour sa disponibilité constante et ses précieux conseils tout au long de ce projet.

Je tiens à exprimer ma gratitude au jury, particulièrement au Prof. SMAILI et au Dr. SAIDI pour leur soutien, leurs conseils avisés, et leurs remarques constructives qui ont grandement enrichi mon projet de fin d'études. Merci pour votre bienveillance et votre encouragement tout au long de ce parcours.

Je remercie également l'ingénieur de l'ECOREP Monsieur ERRAHAMANI pour son travail acharné et sa disponibilité, ainsi que l'ensemble de l'entreprise Ecorep pour m'avoir accueilli en stage et permis de mettre en pratique mes connaissances dans un environnement professionnel.

Je tiens à exprimer ma reconnaissance à l'entreprise ERENAV pour le partage généreux de leurs fichiers techniques sur leur bateau dépollueur, une ressource précieuse pour mes recherches.

Enfin, un grand merci à Monsieur LAHLAH, le responsable du fablab, pour ses suggestions et son soutien indéfectible.

À tous, votre aide et votre collaboration ont été inestimables et ont grandement contribué à la réussite de ce mémoire.

# Table des matières

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Liste des symbols

<b>Introduction</b>	<b>13</b>
<b>1 Généralités sur les bateaux dépollueurs</b>	<b>15</b>
1.1 Les bateaux dépollueurs (types et avancement actuel) . . . . .	16
1.1.1 Définition . . . . .	16
1.1.2 Types et tailles . . . . .	16
1.1.3 Avancement actuel . . . . .	16
1.2 Le futur des bateaux dépollueurs . . . . .	22
<b>2 Les Éléments Fondamentaux dans la Conception Navale</b>	<b>23</b>
2.1 Les parties composantes d'un bateau . . . . .	24
2.2 La méthodologie de la conception . . . . .	25
2.3 Conception Assistée par ordinateur (CAO) . . . . .	26
2.4 Les paramètres Géométriques de la coque . . . . .	27
2.5 L'hydrostatique et la stabilité des bateaux . . . . .	30
2.5.1 Principe d'Archimède : . . . . .	30
2.5.2 La stabilité d'un bateau . . . . .	31
2.6 Renforcement de la coque . . . . .	34
2.7 Choix du moteur et l'hélice . . . . .	35
2.8 Plan de disposition générale . . . . .	35
2.9 Devis de poids . . . . .	36
2.10 Evaluation . . . . .	37
<b>3 Conception d'un bateau dépollueur de longueur de 9m</b>	<b>38</b>
3.1 Entreprise ECOREP (Spa) Algérie . . . . .	39
3.1.1 Présentation . . . . .	39
3.1.2 Histoire . . . . .	39
3.1.3 Le Chantier en chiffres . . . . .	39
3.2 Choix du type de bateau dépollueur : . . . . .	40
3.3 Conception de la coque . . . . .	41
3.4 Conception du pont, de la timonerie et du bastingage . . . . .	47
3.5 Modes de fonctionnement du bateau . . . . .	48
3.5.1 Mode route : . . . . .	49
3.5.2 Mode de dépollution . . . . .	49
3.6 Système de dépollution contre les déchets plastiques . . . . .	49
3.7 Système de dépollution contre les hydrocarbures flottants . . . . .	50

---

3.8	Choix du moteur et le système de propulsion . . . . .	51
3.8.1	Choix du moteur . . . . .	51
3.8.2	Système de propulsion . . . . .	51
3.9	Fabrication d'une maquette . . . . .	53
3.9.1	La mise à l'échelle . . . . .	53
3.9.2	Impression 3D . . . . .	53
3.9.3	Découpage laser du pont . . . . .	53
3.9.4	Assemblage et décoration . . . . .	55
<b>4</b>	<b>Évaluation et Validation du Modèle sous l'angle du Génie Maritime</b>	<b>56</b>
4.1	Devis de poids . . . . .	57
4.2	Courbe de puissance . . . . .	58
	<b>Conclusion</b>	<b>61</b>
	<b>Bibliographie</b>	<b>62</b>
	<b>Annexes</b>	<b>63</b>
A	Les tableaux additionnels	64
B	Les figures additionnelles	66
C	Les plans et les dessins de définition	69

# Liste des tableaux

3.1	Tableau sur les choix de notre modèle . . . . .	40
3.2	Spécifications techniques du tunnel . . . . .	46
3.3	Spécifications techniques des vérins de la porte avant . . . . .	48
3.4	Spécifications techniques des vérins de la porte arrière . . . . .	49
3.5	Spécifications techniques des vérins du panier . . . . .	50
3.6	Spécifications techniques des vérins de système de propulsion . . . . .	53
3.7	L'échelle de la maquette . . . . .	53
4.1	Les masses volumiques et surfaciques selon le matériau . . . . .	57
4.2	Table des valeurs de puissance et de résistance en fonction de la vitesse . . . . .	60
1.1	Devis de poids . . . . .	65

# Liste des figures

1.1	Modèle In'Clean6.5 [1]	17
1.2	Waste cleaner [2]	18
1.3	Les fiches techniques de chaque modèle de la gamme waste cleaner [2]	19
1.4	Multi cleaner [2]	19
1.5	Fiche technique du modèle waste collector 100 [2]	20
1.6	Spill cleaner [2]	21
1.7	Waste Cleaner 92 en Algérie [2]	22
1.8	Clearbot Neo [3]	22
2.1	Les parties d'un bateau [4]	24
2.2	Les phases de la conception spirale [5]	26
2.3	Les dimensions de base d'une coque [5]	27
2.4	Maitre-bau [6]	28
2.5	Déplacement [6]	29
2.6	Coefficient de bloc [6]	29
2.7	Coefficients prismatiques [6]	30
2.8	Poussée d'Archimède exercée sur un bateau [7]	31
2.9	centre de Carène et de Gravité [8]	31
2.10	Métacentre (M) [8]	32
2.11	Moment de redressement [9]	33
2.12	Courbe de stabilité [5]	33
2.13	Photo d'écran d'un renforcement d'un bateau fabriqué en fibre de verre par des barre en bois	34
3.1	Plan de forme	42
3.2	Plan des sections de l'ERENAV	43
3.3	Esquisse de la section N°12 en SolidWorks	44
3.4	20 esquisses insérées dans le même fichier <b>SolidWorks</b>	44
3.5	Les splines stylées	45
3.6	La coque résultante	46
3.7	Séparations et tunnel	47
3.8	Pont, bastingage et timonerie	48
3.9	Porte avant	48
3.10	Porte arrière	48
3.11	Godet	49
3.12	Panier	50
3.13	Réservoir des déchets liquides	51
3.14	Moteur Volvo Penta en bord diesel 75 chevaux [10]	51
3.15	Hélice	52
3.16	Le gouvernail	52
3.17	Préparation de la plaque brute	54
3.18	Plaque résultante du découpage laser	54
3.19	Photo de la maquette	55

---

4.1	Courbe de puissance et de résistance en fonction de la vitesse de la coque . . . .	59
4.2	Spécifications techniques du bateau dépollueur de 9m d'EFINOR . . . . .	59
2.1	Déchets microscopiques obtenus d'une plage à Annaba . . . . .	66
2.2	Composition des micro-déchets obtenus . . . . .	66
2.3	Tableau des plages dans chaque wilaya . . . . .	67
2.4	Répartition des déchets selon leur type de matériaux . . . . .	67
2.5	Les fiches techniques de chaque modèle de la gamme Multi cleaner . . . . .	67
2.6	Les fiches techniques de chaque modèle de la gamme spill cleaner . . . . .	68

# Liste des abréviations

- **ECOREP** : Entreprise de la Construction et la Réparation Navale.
- **PVC** : Poly Vinyl Chloride
- **PET** : polytéréphtalate d'éthylène
- **AND** : Agence Nationale des Déchets en Algérie
- **EFINOR** : Entreprise de fabrication de machines industrielles
- **CAO** : Conception Assisté par Ordinateur
- **ERENAV** : Entreprise de Réparation Navale
- **3D** : Trois Dimensions
- **STL** : Stereolithography.

# Liste des symbols

## Lettres latines

Symbol	Description
$B$	Maitre-bau (m)
$C_B$	Coefficient de bloc
$C_M$	Coefficient de la section médiane
$C_p$	Coefficient prismatique
$C_{Vp}$	Coefficient prismatique vertical
$C_{WP}$	Coefficient du plan d'eau
$D$	Creux (m)
$D_{H-G}$	Distance entre l'hélice et le gouvernail (mm)
$D_{hélice}$	Diamètre de l'hélice (mm)
$F$	Franc-bord (m)
$g$	Gravité ( $m^2/s$ )
$GM$	Rayon métacentrique (m)
$GM_L$	Rayon métacentrique longitudinal (m)
$GZ$	Bras redressant (m)
$I_T$	Moment quadratique de la surface de flottaison par rapport à son axe d'inclinaison transversal ( $m^4$ )
$L_{OA}$	Longueur hors-tout (m)
$L_{pp}$	Longueur entre perpendiculaires (m)
$L_{WL}$	Longueur sur la ligne de flottaison (m)
$P_A$	Poids lège du bateau dépollueur fabriqué en aluminium (kg)
$P_v$	Poids lège du bateau dépollueur fabriqué en fibre de verre (kg)
$M$	Couple de redressement ( $N.m$ )
$T$	Tirant d'eau (m)

## Lettres grecques

Symbol	Description
$\Delta$	Déplacement (m)
$\nabla$	Volume de carène ( $m^3$ )
$\rho$	Densité de l'eau où le navire se flotte ( $kg/m^3$ )

# Introduction

Le plastique est une matière importante dans la vie des êtres humains, car il est utilisé partout. Ce produit est inventé dans les années 1860 par Alexander Parkes. D'autres types de plastique apparaissent pendant la Première Guerre mondiale. Le plastique sous sa forme PVC est utilisé dans les maisons et sous la forme PET pour les bouteilles en plastique.

De 1957 à 2017, les scientifiques estiment que plus de 9 milliards de tonnes de plastique ont été produites dans le monde, et que 40% de ce produit est jeté au bout d'un mois, devenant ainsi une source de pollution très importante.

Il est estimé qu'entre 9 et 14 millions de tonnes de plastique sont jetés par an dans l'océan. Ces chiffres sont en cours de triplement chaque année. Cela signifie qu'environ 32 millions de tonnes de plastique se déverseront dans l'océan chaque année d'ici à 2040. Ces chiffres sont équivalents à 50 kilogrammes de plastique par mètre de côte dans le monde.

Les animaux marins et la biodiversité marine sont parmi les premières victimes de la pollution plastique, subissant des conséquences immédiates et visibles. Chaque année, plus d'1,5 million d'animaux marins périssent à cause de cette pollution, souvent en étant étranglés, étouffés, affamés, ou mortellement blessés. Environ 90% des espèces marines sont touchées par les déchets plastiques, allant du plancton aux grands prédateurs, ce qui représente un total de 3800 espèces affectées. Les débris plastiques entraînent des taux de mortalité alarmants, pouvant atteindre jusqu'à 22% pour les cétacés et près de 50% pour les tortues marines.

Les impacts de la pollution plastique vont bien au-delà des dommages causés à la faune marine. En effet, un adulte peut ingérer et inhaler jusqu'à 121 000 microparticules de plastique par an, exposant ainsi son organisme à des produits toxiques, y compris des perturbateurs endocriniens, à toutes les étapes du cycle de vie du plastique. Les conséquences potentielles sur la santé résultant d'une exposition quotidienne à ces substances hormone-actives sont diverses et préoccupantes, allant de l'augmentation du risque de cancers à la stérilité, en passant par l'asthme et les troubles du développement de l'embryon. Cette réalité met en lumière l'ampleur du problème de la pollution plastique et souligne la nécessité urgente d'adopter des mesures pour réduire son impact sur la santé humaine et environnementale.[11]

Des étudiants de l'environnement à l'université de Geulma ont pris des échantillons de plusieurs plages à Annaba, pour analyser les déchets microscopiques (Annexe B FIGURE 2.1). Le résultat de ce travail donne une image très évidente sur la pollution de nos côtes et le pourcentage élevé des déchets plastiques. (Annexe B FIGURE 2.2)[12]

Une autre étude a été faite par l'Agence Nationale des Déchets en Algérie (AND), où ils ont analysé 02 plages différentes dans les villes de Jijel, Tipaza et Ain-Temouchent (Annexe B FIGURE 2.3). Il a été trouvé que 87% des déchets étaient de la matière plastique (Annexe B FIGURE 2.4) .[13]

En effet, il n'y a pas que les déchets plastiques dans la mer, on a aussi les hydrocarbures flottant dans la mer qui ont des effets similaires sur les espèces marines.

Coté économique, l'Algérie prévoit d'exporter des produits hors hydrocarbures surtout vers le marché africain, les bateaux (chalutier, sardinier, dépollueur, ...) pourraient faire partie de ces produits à exporter.

## **Problématique**

Après la présentation détaillée des problèmes des déchets marins, soit le plastique ou bien les hydrocarbures flottants sur la mer d'un côté et la vision économique actuelle de l'Algérie vers l'industrie hors hydrocarbures, ce travail prend sa place. Mais comment concevoir un système de dépollution qui peut être installé sur un bateau pour qu'il devienne capable de collecter les déchets marins, s'assurer de la flottabilité et la stabilité du bateau ? Quels sont les outils et quelle est la méthodologie de travail ? Et comment faire pour évaluer notre modèle ?

Pour répondre à ces questions, nous avons conçu notre mémoire de fin d'études sous l'architecture suivante. Un premier chapitre pour vulgariser les bateaux dépollueurs et parler de l'industrie de ce type de bateaux. Le deuxième chapitre décrit la technique de conception en général des navires et la méthodologie de travail par l'utilisation de logiciels. Le troisième chapitre traite des différentes phases de la conception de notre bateau dépollueur. Une maquette en 3D a été imprimée. Un dernier chapitre est consacré à l'évaluation et la validation de notre bateau sous l'angle génie maritime. Nous terminerons notre travail par une conclusion et des perspectives.

# Chapitre 1

## Généralités sur les bateaux dépollueurs

## 1.1 Les bateaux dépollueurs (types et avancement actuel)

### 1.1.1 Définition

C'est un bateau conçu pour la lutte contre les déchets et les polluants des cours d'eau, des lacs, des océans ou des zones côtières.

### 1.1.2 Types et tailles

Les bateaux sont trouvés en plusieurs types et catégories, car ils peuvent être séparés par leurs tailles, fonctionnement, lieu de travail (mer, océan, rivière,...), le matériau utilisé dans leur construction et les technologies utilisées.

Voici quelques types de bateaux dépollueurs :

1. Bateaux skimmers : Ces bateaux sont équipés de dispositifs spéciaux appelés skimmers, qui sont conçus pour récupérer les hydrocarbures flottants à la surface de l'eau lors de déversements de pétrole ou d'autres substances chimiques.
2. Bateaux de collecte des déchets solides : Ces bateaux sont équipés de systèmes de collecte des déchets solides, tels que des filets, des grappins ou des aspirateurs, pour récupérer les déchets flottants ou submergés dans l'eau.
3. Bateaux de dispersion de produits chimiques : Ces bateaux sont utilisés pour disperser des produits chimiques spéciaux, appelés dispersants, sur les nappes de pétrole afin de les décomposer en petites particules et de faciliter leur dégradation naturelle par les micro-organismes.
4. Bateaux de nettoyage à haute pression : Ces bateaux sont équipés de systèmes de nettoyage à haute pression pour laver les surfaces contaminées par des hydrocarbures ou d'autres substances polluantes.
5. Bateaux de récupération des déchets toxiques : Ces bateaux sont utilisés pour récupérer et stocker en toute sécurité les déchets toxiques ou dangereux, tels que les produits chimiques industriels, les déchets radioactifs ou les déchets médicaux, afin d'éviter leur dispersion dans l'environnement.
6. Bateaux de surveillance et d'évaluation de la pollution : Ces bateaux sont équipés de capteurs et d'instruments de surveillance pour détecter, évaluer et cartographier les zones de pollution, ainsi que pour suivre l'efficacité des opérations de nettoyage.
7. Bateaux multifonctionnels : Certains bateaux dépollueurs sont conçus pour être polyvalents et peuvent être équipés de différentes technologies et équipements de nettoyage en fonction des besoins spécifiques de la situation de pollution rencontrée.

**La taille** de ces bateaux varie entre 3-4m jusqu'à plus de 20m de longueur.

### 1.1.3 Avancement actuel

La fabrication des bateaux dépollueur devient une obligation environnementale et économique, et pour cela, il y a pas mal de sociétés dans ce domaine, surtout aux pays développés. La

France par exemple, et selon ma modeste recherche, j'ai trouvé deux différents constructeurs des bateaux dépollueurs :

### JC France Industrie :

Concepteur et fabricant d'équipements pour le traitement des eaux usées industrielles et urbaines.[1]

Il fabrique plusieurs modèles de bateaux dépollueurs avec la même technologie de traitement des déchets flottants.

pour le modèle IN'Clean 6.50 :

\* UN SYSTÈME ENTIÈREMENT AUTOMATISÉ

Un procédé de filtration en continu permettant :

- Le relevage des déchets
- L'évacuation des déchets à 100%
- le nettoyage complet et automatique de la grille.

\* UNE CANALISATION DES DÉCHETS IDEALE

Le principe du catamaran avec ses deux flotteurs permet un guidage des déchets vers le système de filtration

\* UN DEPLACEMENT RAPIDE

La machine filtrante se relève hors de l'eau grâce à un treuil de relevage

- En mode déplacement, le bateau navigue à une vitesse de 15 nœuds.
- En fonctionnement, une vitesse de 4 nœuds permet de traiter une surface de 20 000 m<sup>2</sup> / h.

\* UNE STRUCTURE LEGERE ET MANIABLE

Le bateau est construit entièrement en aluminium 2 moteurs de 30 cv permettent de manœuvrer aisément

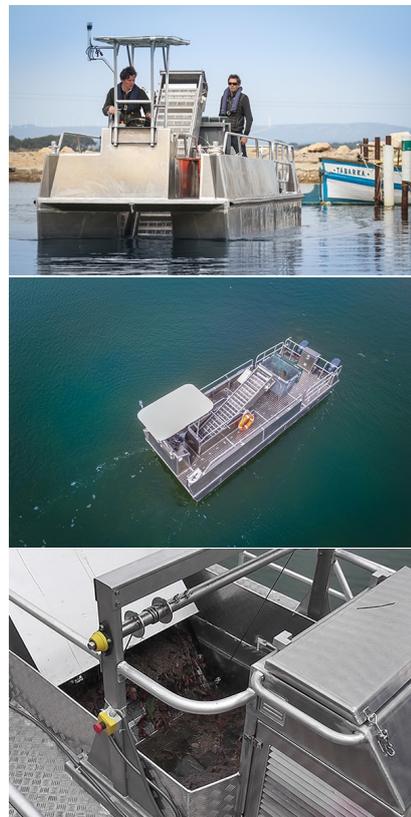


FIGURE 1.1 – Modèle In'Clean6.5 [1]

## EFINOR (Sea Cleaner)

EFINOR est un groupe industriel, cadre du développement d'expertises et d'innovation centrées sur la métallurgie et ses applications. Cette société est divisée en 07 entreprises et l'entreprise Sea Cleaner est spécialisée dans la conception, la fabrication et la commercialisation de navires multiservices de **dépollution** dotés d'une technologie brevetée unique et innovante.[2]

Cette entreprise fabrique 03 gammes de navires avec 12 modèles standards.

### 1. Waste Cleaner (5 - 9 m)

#### *Nettoyage du littoral et eaux intérieures*

Dans les ports, les déchets flottants s'accumulent souvent le long des quais et dans les zones difficiles d'accès. Leurs rouleaux latéraux permettent d'intervenir entre les navires, le long des pannes ou des quais. Les WasteCleaner sont de véritables aspirateurs de la surface de l'eau opérés par une seule personne.

#### *Navires de 6 m à 9 m au gabarit routier*

Construits en aluminium, au gabarit routier, ils sont transportables avec une remorque adaptée. Les Waste Cleaner disposent d'un point de levage unique pour une mise à l'eau simplifiée.

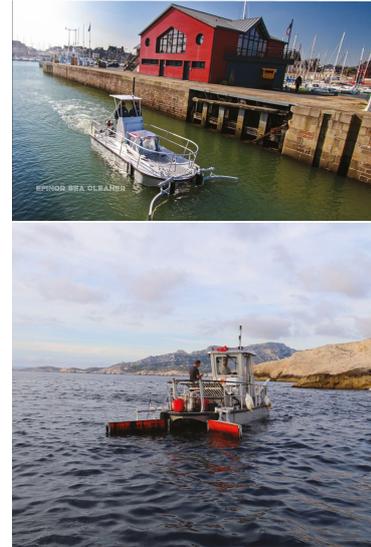


FIGURE 1.2 – Waste cleaner [2]

## APPLICATIONS ESSENTIELLES

- |   |                                 |
|---|---------------------------------|
| => Déchets solides                                    | => Eaux noires, eaux grises     |
| => Plastiques, bois flottant, bouteilles, canettes... | => Produits chimiques flottants |
| => Hydrocarbures                                      | => Végétaux                     |
| => huiles, essences, diesels, pétrole                 | => Méduses                      |

Les 04 modèle de cette gamme :

**WASTECLEANER 50**

Longueur	5.10	m
Déchets solides	400	kg
Centrale hydraulique	500W 80bar	
Vitesse de nettoyage	1,5 noeuds	

**WASTECLEANER 66**

Existe en hors-bord essence 90 CV  
 Existe en version **100% électrique** ↵  
 Transport par container

Longueur	6.60	m
Déchets solides	500	kg
Déchets liquides	1 000	L
Capacité d'aspiration	750	m <sup>3</sup> /h

**WASTECLEANER 83**

Existe en hors-bord 90 CV  
 Existe en version rapide avec un hors-bord 250 CV

Longueur	7.50	m
Déchets solides	800	kg
Déchets liquides	2 000	L
Capacité d'aspiration	950	m <sup>3</sup> /h

**WASTECLEANER 92**

Type barge  
 Motorisation inboard diesel 75 CV

Longueur	9.20	m
Déchets solides	1 200	kg
Déchets liquides	4 000	L
Capacité d'aspiration	1 500	m <sup>3</sup> /h

FIGURE 1.3 – Les fiches techniques de chaque modèle de la gamme waste cleaner [2]

## 2. Multi Cleaner (10m - 13m)

*Nettoyage et intervention enmer, fleuves et grands ports*

Les Multi Cleaner sont de véritables navires polyvalents alliant les fonctionnalités d'un workboat à un navire de dépollution. Construits en aluminium, aux normes internationales, ils sont capables d'intervenir dans plusieurs domaines.

Dans le cas de pollution aux hydrocarbures occasionnelle, ils sont immédiatement prêts à nettoyer, et ce même par mer formée, grâce à leurs bras auto-flottants brevetés.



FIGURE 1.4 – Multi cleaner [2]

## APPLICATIONS ESSENTIELLES :

- => Déchets solides
- => Hydrocarbures
- => huiles, essences, diesels, pétrole
- => Surveillance
- => Lutte incendie
- => Rejets d'égouts
- => des côtes & pêche
- => Eaux noires, eaux grises
- => Produits chimiques flottants
- => Végétaux
- => Grutage
- => Transport de fret
- => Remorquage

Les 04 modèles de cette gamme sont présentée dans l'annexe. (annexe B figure 2.5)

Plus un autre modèle spécial :



### WATER WASTE COLLECTOR 100

Longueur	11,6	m
Déchets solides	15 tonnes	
Déchets liquides	Pas de capacité de récupération de déchets liquides	
Capacité de collecte	15 000	m <sup>3</sup> /h



FIGURE 1.5 – Fiche technique du modèle waste collector 100 [2]

### 3. Spill Cleaner (+20m)

*Pour la veille et le nettoyage en haute mer*

En haute mer, les marées noires surviennent souvent par mauvais temps. Les hydrocarbures doivent pouvoir être récupérés quelles que soient les conditions climatiques.



Cependant, ces événements sont occasionnels. Les SpillCleaner sont de véritables navires polyvalents alliant les fonctionnalités d'un navire hauturier à celles d'un navire de dépollution.

FIGURE 1.6 – Spill cleaner [2]

Construits en aluminium, aux normes internationales, ils sont capables d'intervenir sur des missions variées au large et sur de longues périodes.

Grâce à leurs bras auto-flottants brevetés, ils peuvent ramasser des hydrocarbures par mer formée.

#### APPLICATIONS ESSENTIELLES

- |                      |                           |
|----------------------|---------------------------|
| => Déchets solides   | => Remorquage             |
| => Hydrocarbures     | => Travaux maritimes      |
| => Veille hauturière | => Transport de fret      |
| => Assistance        | => Transport de personnel |
| => Lutte incendie    |                           |

Les 04 modèles de cette gamme et leurs fiches techniques sont aussi dans l'annexe. (annexe B FIGURE 2.6)

Heureusement, L'Algérie a acheté 07 bateaux dépollueurs **Waste Cleaner 92**, selon ce qui est mentionné dans le rapport des bateaux de cette société :

**ZOOM SUR QUELQUES REFERENCES**  
Et bien d'autres encore. Nous consulter si besoin de références précises.

CLIENTS	NOMBRE	TYPE DE BATEAU	PAYS
Port de Namibie, Namibie	1	WASTECLEANER 92	
Polyecogroup, Emirats Arabes Unis	1	WASTECLEANER 83	
Gardes côtes irlandais, Shannon, Irlande	1	WASTECLEANER 92	
Marine nationale, Toulon, France	1	WASTECLEANER 66	
Canal de Suez, Egypte	3	MULTICLEANER 128	
Port international, Taiwan	2	MULTICLEANER 100	
Port de Bruxelles, Belgique	1	WASTECLEANER 66	
Ports, Algérie	7	WASTECLEANER 92	

FIGURE 1.7 – Waste Cleaner 92 en Algérie [2]

## 1.2 Le futur des bateaux dépollueurs

Les bateaux sont en développement continue dans tous ces aspects (matériaux, techniques de dépollution, technologie de détection, etc), et le plus bateau dépollueur développé qu'on a trouvé est les bateaux de clearbot, qui sont fabriqués pour détecter et ramasser les déchets en utilisant une caméra assistée par l'intelligence artificielle.

### ClearBot



- Start-up fondée en 2019
- Lieu : Hong Kong
- Domaine : fabrication et développement des bateaux dépollueurs autonomes utilisant L'intelligence artificielle.

La dernière version de leur robot dépollueur(Clearbot **Neon**)

Clearbot Neo est le moyen le moins cher de nettoyer les déchets, l'huile et les mauvaises herbes envahissantes tout en fonctionnant à l'électricité. Il peut collecter jusqu'à 15 litres d'huile et 200 kg de déchets flottants par jour. Clearbot Neo est équipé d'une caméra qui aide le bateau dans la conduite et la détection des types et des tailles des déchets.[3]



FIGURE 1.8 – Clearbot Neo [3]

## **Chapitre 2**

# **Les Éléments Fondamentaux dans la Conception Navale**

## 2.1 Les parties composantes d'un bateau

La structure d'un bateau comprend plusieurs éléments essentiels, chacun jouant un rôle crucial dans la navigation et le fonctionnement de l'embarcation :

- **La proue et la poupe :**

- La *proue* désigne la partie avant du bateau, agissant comme le "nez" qui fend les eaux.
- La *poupe* représente la partie arrière du navire, dérivant du latin "puppis", signifiant littéralement "arrière". L'expression "Avoir le vent en poupe" provient de là, soulignant l'association de la poupe avec la vitesse.

- **Les côtés du navire :**

- "À tribord" fait référence au côté droit du navire.
- "À bâbord" désigne le côté gauche du navire. [4]



FIGURE 2.1 – Les parties d'un bateau [4]

- **La ligne médiane :**
  - o Une ligne imaginaire allant de la proue à la poupe, divisant le navire en deux moitiés égales.
- **L'anatomie d'un bateau :**
  - o **Le pont :** Les surfaces horizontales qui divisent le navire en étages.
  - o **La quille :** L'élément crucial reliant l'étrave et la poupe.
  - o **L'étrave :** La partie avant du navire.
  - o **La carène :** La partie immergée de la coque.
  - o **Le tube d'étambot :** La structure à l'arrière de la carène portant les ferrures du gouvernail.
  - o **Le gouvernail :** Dispositif de direction.
  - o **Les hélices :** Éléments propulseurs principaux.
  - o **Le hors-bord :** Moteur extérieur visible.
  - o **L'en-bord :** Moteur situé à l'intérieur du bateau.
  - o **La coque :** La structure externe du bateau.
  - o **La ligne de flottaison :** L'intersection entre le navire et la surface de l'eau.
  - o **La cale :** L'espace intérieur du bateau entre la quille et le pont inférieur, généralement utilisé pour le stockage de marchandises.

Ces composants forment l'essentiel de l'anatomie d'un navire et sont cruciaux pour sa navigation et son bon fonctionnement.

## 2.2 La méthodologie de la conception

Pour concevoir un nouveau bateau, il faut d'abord passer par plusieurs étapes et phases d'études, et selon une méthodologie correcte, et d'après le livre intitulé "The principles of yacht design" la plus efficace est **la méthode spirale**. [5]

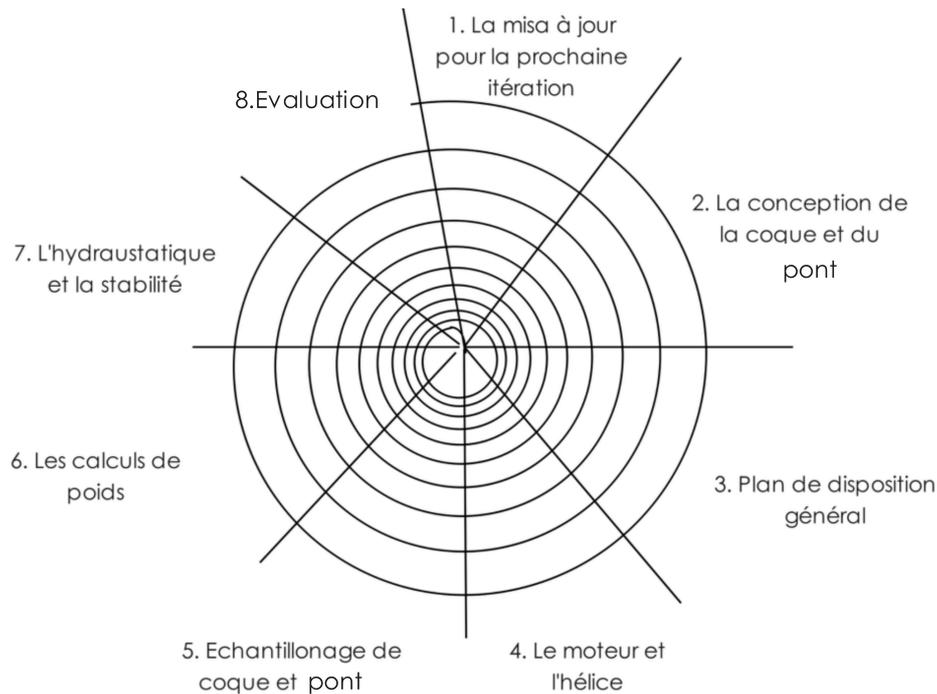
La conception spirale :

FIGURE 2.2 – Les phases de la conception spirale [5]

Ce schéma signifie que chaque étape est liée à l'étape qui précède, et le spiral veut dire que l'approche de travail est itérative. Après savoir le besoin de ce bateau, le coût, le matériau et le domaine d'application, il faut d'abord proposer des valeurs initiales comme la longueur totale, et le poids ..etc, pour passer à concevoir la coque et le pont, puis, réaliser un plan de disposition général qui a un effet sur la stabilité du bateau, après il faut estimer le moteur et l'hélice correspondent. L'étape suivante est l'Échantillonnage de coque et pont autrement dit l'étude du renforcement de la coque et sa rigidité, puis calcul de poids, après l'hydrostatique et la stabilité et finalement l'Évaluation pour rectifier les valeurs initiales pour une autre spirale jusqu'à aboutir aux résultats compatibles et correctes.

## 2.3 Conception Assistée par ordinateur (CAO)

La conception assistée par ordinateur (CAO) joue un rôle crucial dans le domaine de l'ingénierie navale, facilitant la création, l'analyse et l'optimisation des designs de navires. Les logiciels Rhino 3D et SolidWorks sont particulièrement utilisés dans ce secteur pour leurs capacités avancées de modélisation et de simulation.

**Rhino 3D**, également connu sous le nom de Rhinoceros, est largement apprécié pour sa flexibilité et sa précision dans la modélisation de formes complexes. En ingénierie navale, Rhino 3D permet de créer des surfaces lisses et détaillées, essentielles pour concevoir des coques de navires optimisées pour des performances hydrodynamiques élevées. Sa compatibilité avec divers plugins et formats de fichiers en fait un outil polyvalent pour les designers et les ingénieurs.

**SolidWorks**, en revanche, est réputé pour ses robustes capacités de modélisation paramétrique et de simulation. En conception navale, SolidWorks est utilisé pour élaborer des composants mécaniques et des structures détaillées des navires. Ses outils de simulation permettent

d'analyser les contraintes structurelles et les performances sous diverses conditions, garantissant ainsi la sécurité et l'efficacité des designs.

L'utilisation combinée de Rhino 3D pour la modélisation de surfaces et de SolidWorks pour la conception détaillée et la simulation structurelle permet aux ingénieurs navals de développer des navires innovants et performants, répondant aux exigences strictes de l'industrie maritime.

## 2.4 Les paramètres Géométriques de la coque

La coque est le constituant premier d'un bateau : elle forme le flotteur, c'est-à-dire l'élément assurant la flottabilité et l'étanchéité.

### La longueur d'un bateau :

Selon les architectes et designers, la longueur d'un navire est mesurée de différentes façons. Les mesures de longueur les plus couramment utilisées sont :

- **Longueur hors-tout ( $L_{OA}$  : Length Overall)** : Correspond à la distance entre les points extrêmes avant et arrière de la structure permanente du bateau.
- **Longueur entre perpendiculaires ( $L_{PP}$  : Length Between Perpendiculars)** : Correspond à la longueur entre la perpendiculaire avant (PPAV) et la perpendiculaire arrière (PPAR), qui correspondent elles-mêmes à l'intersection de la coque avec la flottaison à pleine charge.
- **Longueur sur la ligne de flottaison ( $L_{WL}$  : Length on Load Waterline)** : Est la distance mesurée dans le profil du point de proue au point de poupe de la ligne de flottaison (voir figure 2.3).

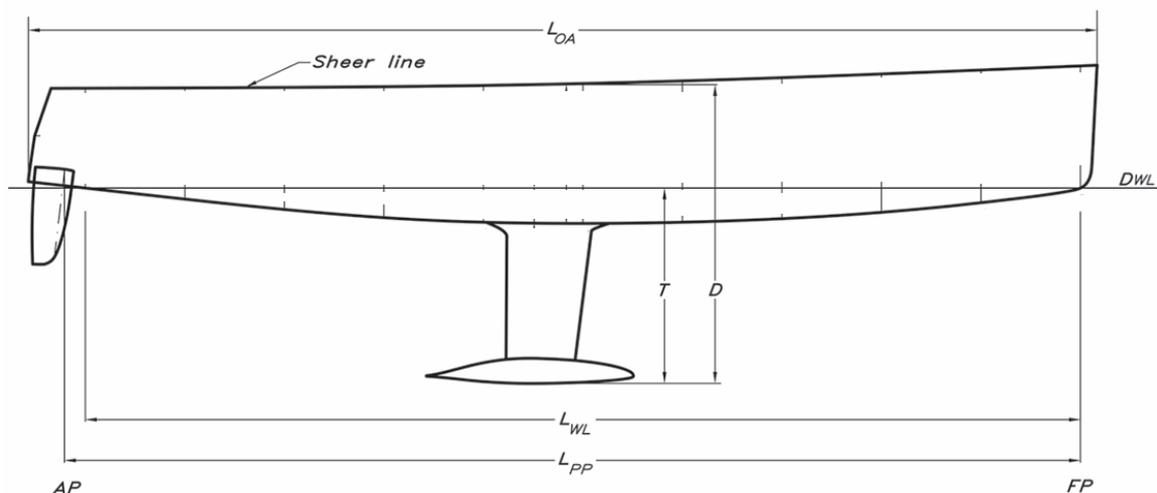


FIGURE 2.3 – Les dimensions de base d'une coque [5]

## Creux

En architecture navale, le creux ( $D$ ) est une dimension distinctive qui représente la distance entre le point le plus bas du pont principal et le point le plus bas (sheer line) de la quille d'un navire (voir figure 2.3).

## Maitre-bau

Le maître-bau ( $B$ ) d'un navire désigne sa plus grande largeur (voir Figure 2.4). En règle générale, une plus grande largeur accroît la stabilité initiale du bateau. La largeur le long de la ligne de flottaison est quantifiée par le terme ( $B_{WL}$ ).

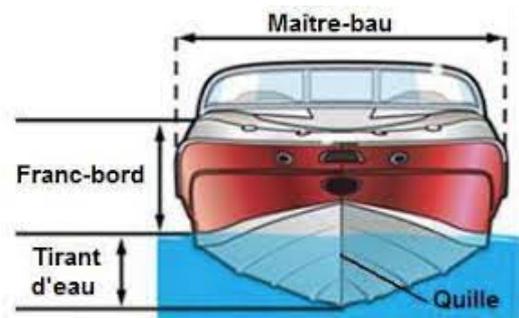


FIGURE 2.4 – Maitre-bau [6]

## Tirant d'eau

Le tirant d'eau ( $T$ ) désigne la profondeur de la partie immergée du navire, variant selon la charge transportée. Il représente la distance verticale entre la ligne de flottaison et le point le plus bas de la coque, généralement la quille (voir Figure 2.3).

## Franc-bord

Le franc-bord ( $F$ ) d'un navire représente la distance verticale entre la ligne de flottaison et le pont principal. Cette mesure varie en fonction du déplacement (voir Figure 2.4).

La valeur minimale du franc-bord est cruciale pour la sécurité d'un navire, car elle détermine la marge de sécurité en cas d'invasion ou de rencontres avec les vagues. Le franc-bord est souvent associé à la réserve de flottabilité. Un navire avec un franc-bord élevé est moins susceptible d'avoir des vagues se brisant sur son pont ; cependant, il aura une prise au vent plus importante et dérivera plus facilement sous son influence.

## Déplacement :

Le déplacement ( $\Delta$ ) est une mesure du poids d'un navire dans différentes situations de chargement. C'est le poids de l'eau équivalent au volume immergé de la coque. Il est exprimé en tonnes (voir Figure 2.5).

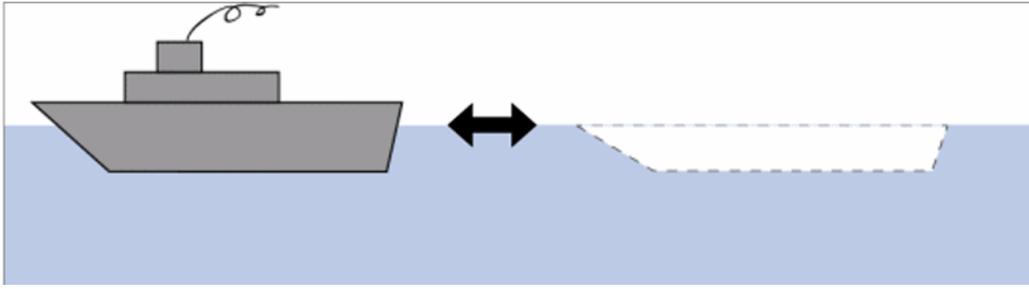


FIGURE 2.5 – Déplacement [6]

Le déplacement peut être défini par la formule suivante :

$$\Delta = \rho \cdot g \cdot \nabla \quad (2.1)$$

Avec :

$\rho$  : La densité de l'eau où le navire se flotte.

$g$  : La gravité.

$\nabla$  : Le volume sous l'eau

## Coefficient de bloc

Le coefficient de bloc ( $C_B$ ) est le rapport du volume de remplissage par le volume d'un bloc rectangulaire de longueur égal à ( $L_{pp}$ ), de largeur (B) et de hauteur (T) (voir Figure 2.8).

$$C_B = \frac{\nabla}{L_{WL} B_{WL} T} \quad (2.2)$$

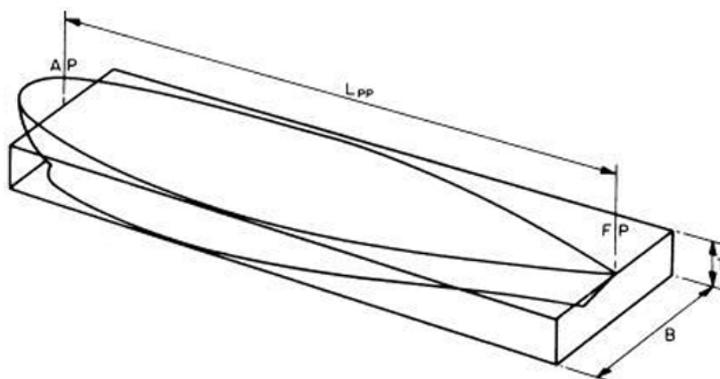


FIGURE 2.6 – Coefficient de bloc [6]

La valeur de  $C_B$  varie entre 0.4 et 0.85, ce coefficient donne une idée sur la forme « V » de la coque et il est principalement utilisé comme critère pour les grands navires.

## Coefficient prismatique

Le coefficient prismatique transversal est la proportion du volume de déplacement par rapport à un prisme de longueur  $L_{pp}$  et de section égal à la section central (midship sectional area).

$$C_p = \frac{\nabla}{L_{pp} \cdot A_x} \quad (2.3)$$

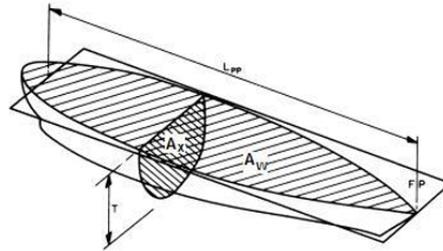


FIGURE 2.7 – Coefficients prismatiques [6]

Le coefficient prismatique vertical est la proportion du volume de déplacement par rapport à un prisme de longueur égale au tirant d'eau ( $T$ ) et de section égale à la section du plan d'eau (waterplane sectional area) (voir Figure 2.7).

$$C_{Vp} = \frac{\nabla}{T \cdot A_W} \quad (2.4)$$

Le coefficient prismatique est l'un des facteurs les plus importants utilisés dans la détermination de la forme générale de la coque. Ce coefficient varie de 0.5 à 0.8.

## Coefficient de la section médiane

Le coefficient de la section médiane (Midship section coefficient) est la proportion de la section médiane par rapport à l'air du rectangle des côtés égaux à la maitre-bau  $B$  et au tirant d'eau ( $T$ ).

$$C_M = \frac{A_x}{B \cdot T} \quad (2.5)$$

## Coefficient du plan d'eau

Le coefficient du plan d'eau (Waterplane coefficient) ( $C_{WP}$ ) est le rapport de l'air du plan d'eau ( $A_W$ ) par la section d'un rectangle de dimensions ( $B$ ) et ( $L_{WL}$ ).

$$C_{WP} = \frac{A_W}{B \cdot L_{WL}} \quad (2.6)$$

## 2.5 L'hydrostatique et la stabilité des bateaux

### 2.5.1 Principe d'Archimède :

La poussée d'Archimède est une force de flottabilité qui agit sur un objet immergé dans un fluide (liquide ou gaz). Elle est nommée d'après le célèbre mathématicien grec Archimède, qui l'a découverte et décrite dans son travail sur la flottabilité des objets.

Lorsqu'un objet est plongé dans un fluide, il subit une force de poussée dirigée vers le haut, égale au poids du fluide déplacé par l'objet. Cela signifie que plus un objet est volumineux (occupe plus d'espace), plus la poussée d'Archimède sera importante. C'est pourquoi les objets flottent dans l'eau s'ils sont moins denses que l'eau (poids spécifique inférieur), car la poussée d'Archimède est suffisante pour compenser leur poids et les maintenir à la surface.

Si un bateau flotte, cela signifie généralement que la force de poussée d'Archimède exercée sur le bateau est égale ou supérieure à son poids, ce qui le maintient à la surface de l'eau. La flottabilité d'un bateau dépend de plusieurs facteurs, notamment sa forme, son volume, sa densité et la densité du fluide dans lequel il flotte (généralement de l'eau pour les bateaux).

En général, un bateau flotte grâce au principe d'Archimède : lorsque le poids de l'eau déplacé par le bateau (c'est-à-dire le poids du volume d'eau équivalent au volume immergé du bateau) est égal au poids du bateau lui-même, le bateau flotte de manière équilibrée. Si le bateau est trop lourd ou dense, il coulera, car la poussée d'Archimède ne sera pas suffisante pour le maintenir à la surface.[7]

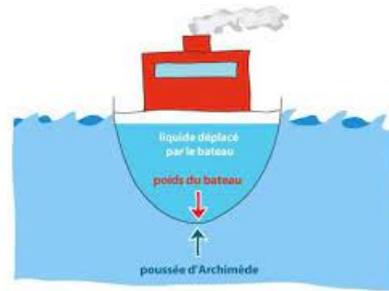


FIGURE 2.8 – Poussée d'Archimède exercée sur un bateau [7]

Centre de Gravité (G) : C'est le point où la force de gravité est exercée.

Centre de Carène (B) : Ce point théorique est défini comme : Le centre de gravité du volume d'eau déplacé, il représente le point où la poussée d'Archimède est exercée. Ses positions longitudinales et verticales sont désignées respectivement par LCB et VCB.

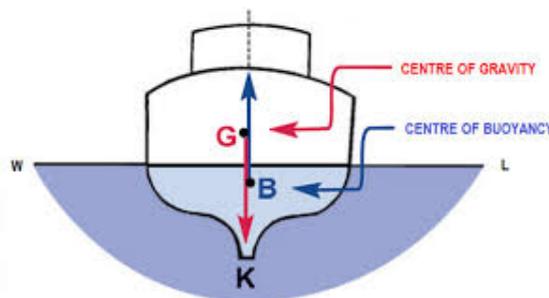


FIGURE 2.9 – centre de Carène et de Gravité [8]

## 2.5.2 La stabilité d'un bateau

D'une manière générale, la stabilité se définit comme la tendance d'un navire à revenir à sa position initiale après avoir été incliné par une force externe. Ce phénomène est largement contrôlé, par la relation entre le centre de carène, dont la position est liée à la géométrie de la coque, et le centre de gravité qui varie suivant la répartition verticale et longitudinale des

masses fixes et mobiles du navire.

Métacentre (M) : On le définit comme le point de rencontre vertical entre la verticale passant par le centre de gravité d'un navire incliné et la verticale passant par son centre de flottaison. En termes simples, c'est le point sur lequel une force de rappel se manifeste lorsque le navire est incliné, contribuant ainsi à restaurer sa position droite.

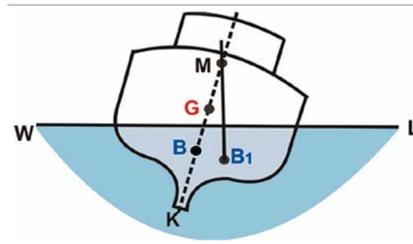


FIGURE 2.10 – Métacentre (M) [8]

Pour qu'un navire soit stable, il suffit que le métacentre de carène soit toujours **au-dessus du centre de gravité d'un navire**, alors que le centre de carène est fréquemment au-dessous de ce dernier. Plus **le métacentre de carène sera haut**, plus la stabilité de forme du navire sera grande.

Rayon métacentrique :

Le métacentre peut être décrit comme le point autour duquel le centre de flottaison se déplace de manière circulaire lorsque le navire subit de légères inclinaisons (gîtes ou assiettes). Le rayon de cette trajectoire circulaire est appelé rayon métacentrique.

Pour le rayon métacentrique transversal  $GM$  :

$$GM = \frac{I_T}{\nabla} \quad (2.7)$$

$I_T$  : le moment quadratique de la surface de flottaison par rapport à son axe d'inclinaison transversal. (exprimé en m<sup>4</sup>).  $\nabla$  : Le volume de carène (exprimé en m<sup>3</sup>)

Pour le rayon métacentrique longitudinal  $GM_L$  :

$$GM_L = \frac{I_T}{\nabla} \quad (2.8)$$

$I_T$  : le moment quadratique de la surface de flottaison par rapport à son axe d'inclinaison transversal et  $\nabla$  : Le volume du carène (exprimé en m<sup>3</sup>)

Couple de redressement ( $M$ )

Le moment de redressement est essentiellement la force de redressement appliquée par l'eau sur la coque d'un navire lorsqu'il est incliné sur le côté, et il est crucial pour déterminer la stabilité d'un navire.

Voici l'équation qui définit ce moment :

$$M = P.GZ \quad (2.9)$$

$GZ$  : C'est le bras de levier du couple de redressement (ou bien le bras redressant)

Si le métacentre  $M$  est au-dessus de  $G$ , la distance  $GZ$  est positive et le couple tend à redresser le navire. C'est un couple de redressement. Si le métacentre  $M$  est en dessous de  $G$ , la distance  $GZ$  est négative et le couple tend à aggraver la gîte. C'est un couple de chavirement.[6]

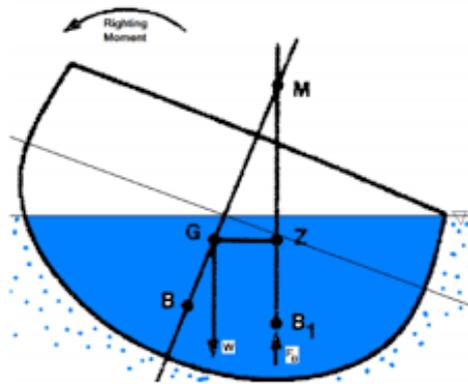


FIGURE 2.11 – Moment de redressement [9]

Courbe de stabilité :

Cette courbe représente le moment de redressement en fonction de plusieurs angles de la gîte. Il peut aussi représenter le bras redressant en fonction de l'angle de la gîte.

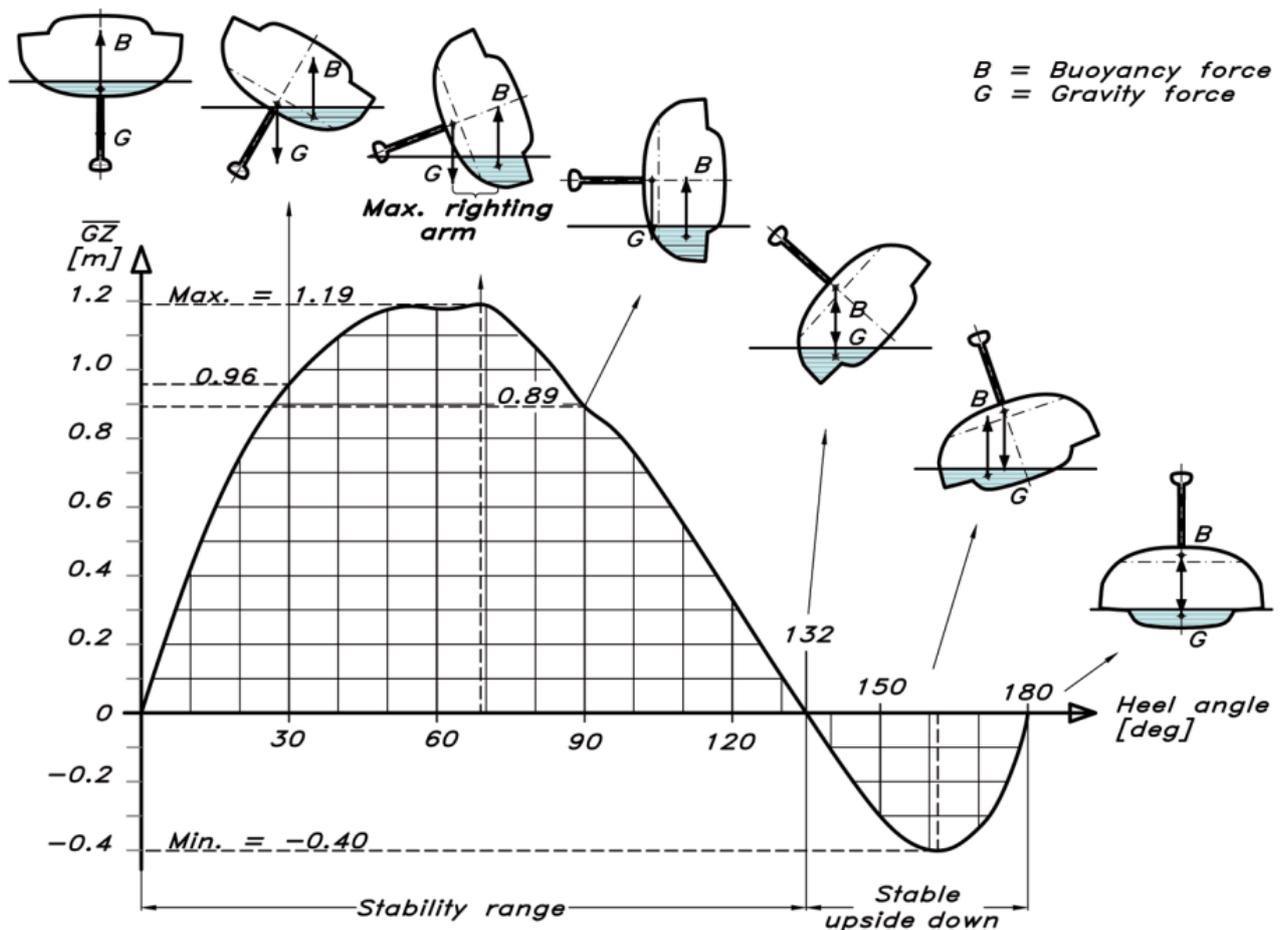


FIGURE 2.12 – Courbe de stabilité [5]

Voici quelques interprétations sur cette courbe de stabilité :

- Le point de chavirement doit être le plus loin possible.
- La surface sous la courbe doit être la plus grande possible en stabilité positive et la plus petite possible en stabilité négative. [5]

## 2.6 Renforcement de la coque

Le renforcement de la coque et du pont d'un bateau varie en fonction des matériaux utilisés pour la construction. Voici une explication détaillée pour les deux scénarios mentionnés :

### - Bateaux en fibre de verre :

Renforcement par des barres de bois :

Les bateaux en fibre de verre utilisent souvent des structures en bois pour renforcer la coque et le pont. Ces structures peuvent inclure des membrures (ou couples), des varangues, des barrots de pont et d'autres éléments structuraux en bois. Le bois est choisi pour sa légèreté relative et sa capacité à résister aux forces de compression et de flexion. Ces barres de bois sont généralement encapsulées dans de la fibre de verre et de la résine pour les protéger de l'humidité et des dommages mécaniques. Cette combinaison permet d'obtenir une structure solide et rigide tout en maintenant un poids réduit.

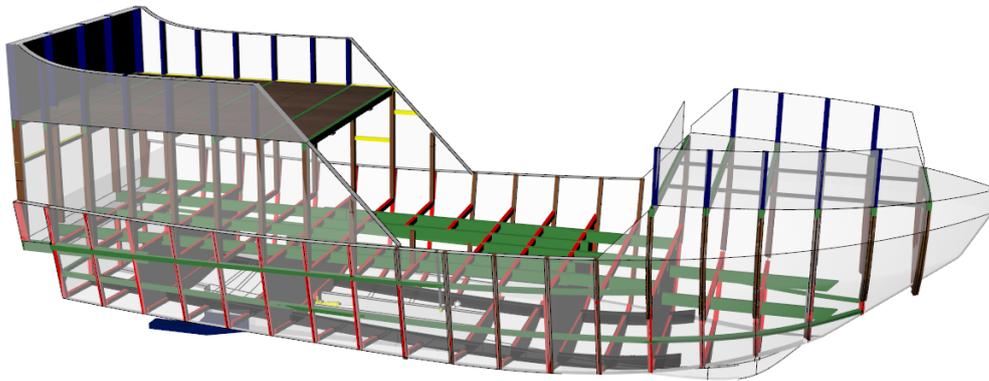


FIGURE 2.13 – Photo d'écran d'un renforcement d'un bateau fabriqué en fibre de verre par des barre en bois

### - Bateaux en métal (généralement en aluminium ou en acier) :

Renforcement par des barres métalliques :

Pour les bateaux en métal, des barres métalliques (souvent appelées profilés ou renforts) sont utilisées pour renforcer la coque et le pont. Ces barres peuvent être en acier ou en aluminium, en fonction du matériau de base du bateau. Les renforts métalliques peuvent inclure des cornières, des poutrelles en I, des tubes et d'autres formes de profilés. Ces

éléments sont soudés directement à la coque et au pont pour assurer une rigidité et une résistance maximales. Le métal est utilisé pour sa robustesse et sa durabilité, capable de supporter des forces importantes et de résister à la corrosion (particulièrement avec des traitements appropriés comme la galvanisation pour l'acier ou l'anodisation pour l'aluminium). Points communs et différences Points communs : Les deux méthodes de renforcement visent à augmenter la rigidité structurelle et la durabilité du bateau. Dans les deux cas, le but est de répartir les charges et de résister aux forces auxquelles le bateau est soumis en mer. Différences : Le matériau des renforts (bois vs métal) dépend du matériau de construction principal du bateau (fibre de verre vs métal). Les techniques de mise en place diffèrent (encapsulation dans la résine pour le bois vs soudure pour le métal). En conclusion, le choix du matériau et de la méthode de renforcement dépend du matériau principal du bateau, chaque méthode ayant ses avantages spécifiques en termes de poids, résistance, et durabilité.

## 2.7 Choix du moteur et l'hélice

Il est essentiel de déterminer le type et la puissance de moteur, d'un côté et choisir l'hélice appropriée selon l'application du bateau souhaité, pour cette raison, on trouve plusieurs types de moteurs, selon leurs puissance, type, et le fuel utilisé.

Pour le type des moteurs, on trouve 02 grandes familles :

- » en-board : un système de propulsion en-board (ou in-board) se réfère généralement à un moteur intégré à l'intérieur de la structure du véhicule, en opposition à un moteur hors-bord (ou outboard) qui est monté à l'extérieur.
- » hors-board : un système de propulsion hors-board ou le moteur est monté à l'extérieur de la coque du bateau.

et selon le type du fuel, on a : moteur diesel, essence, hybride et 100% électrique.

### Choix de l'hélice :

Le choix de l'hélice est crucial dans la conception navale, car elle influence directement la performance, l'efficacité et la manœuvrabilité du navire. Une hélice bien conçue optimise la conversion de la puissance du moteur en poussée, ce qui améliore la vitesse, réduit la consommation de carburant et minimise les vibrations et le bruit. Les caractéristiques telles que le diamètre, le pas, le nombre de pales et le matériau de l'hélice doivent être soigneusement sélectionnées en fonction des spécifications du bateau et des conditions d'exploitation.

## 2.8 Plan de disposition générale

Le plan de disposition générale est un dessin technique détaillé qui montre l'agencement et l'emplacement des compartiments, des équipements et des installations principales à bord d'un bateau. Il inclut les ponts, les cabines, les salles des machines, les espaces de stockage, les équipements de sécurité, et les zones de manœuvre, fournissant une vue d'ensemble de la structure et de l'aménagement du navire pour des fins de conception, de construction, d'exploitation et de sécurité.

Ce plan est essentiel pour les architectes navals, les constructeurs de navires, et l'équipage, car il permet une compréhension claire de l'organisation et de l'accès aux différentes parties du navire, de plus il a un effet directe sur la stabilité du navire, surtout l'équipement qui a plus de poids comme le moteur et la timonerie.

## 2.9 Devis de poids

Il est très indispensable de réaliser un devis de poids pour le bateau, en commençant par la coque, les barres de renforcement, le pont, le bastingage, la timonerie, le moteur ...etc.

Le but de ce travail, est de savoir le poids total du navire, et calculer la position du centre de gravité selon les trois axes (transversal, longitudinal et vertical) puis on peut réaliser l'étude de stabilité du bateau et savoir où situe la ligne de flottaison.

## 2.10 Evaluation

Les architectes navals, utilisent deux approches différentes pour évaluer leur conception :

1. **Par des logiciels de simulation :** La conception navale repose sur l'utilisation de divers logiciels de simulation pour assurer la performance, la sécurité et l'efficacité des navires. Voici quelques-uns des logiciels de simulation couramment utilisés dans ce domaine :

- MAXSURF :

MAXSURF propose une suite complète d'outils pour la conception et l'analyse de la coque, y compris la modélisation de la forme, la stabilité, l'hydrostatique, l'hydrodynamique, et l'analyse structurelle.

- Rhinoceros (Rhino) avec le plugin Orca3D :

Rhino est un logiciel de modélisation 3D polyvalent, et Orca3D est un plugin spécifique pour la conception navale. Il permet la modélisation de la coque, le calcul de la stabilité, et des analyses de performance hydrostatique et hydrodynamique.

2. **Par bassin de carène :** Les essais du bassin de carène sont des tests réalisés dans des réservoirs d'eau spécialisés, appelés bassins de carène, pour évaluer les performances hydrodynamiques des maquettes de navires. Ces essais permettent de mesurer des paramètres tels que la résistance à l'avancement, la stabilité, la manœuvrabilité et le comportement des navires dans différentes conditions de mer.

Les maquettes, généralement à échelle réduite, sont remorquées ou laissées libres dans le bassin pour simuler leur mouvement dans l'eau. Les données recueillies sont ensuite utilisées pour optimiser la conception des navires, améliorer leur efficacité énergétique et garantir leur sécurité en mer.

## Chapitre 3

### Conception d'un bateau dépollueur de longueur de 9m

Dans ce chapitre, on va discuter de comment on a procédé pour concevoir un bateau dépollueur de 9 m de longueur, en mentionnant toutes les phases de conception et toutes les personnes et les sociétés qui nous aidaient à réaliser ce modèle.

Au cours de ce projet fin d'études, et avec mon encadreur, on a programmé une visite vers le port de Bouharoun -Tipaza, pour voir la société algérienne ECOREP qui fabrique et répare les bateaux. Donc, un stage pratique de trois mois a été effectué chez eux. Après, ce travail a été réalisé à l'aide et en collaboration avec les ingénieurs du département d'ingénierie et de développement.

## 3.1 Entreprise ECOREP (Spa) Algérie

### 3.1.1 Présentation



ECOREP est un chantier naval spécialisé dans la construction et la conception de bateaux en Fibre de verre, Aluminium, Acier. Les bateaux fabriqués par ECOREP sont destinés tant pour les professionnels comme pour les particuliers. Les unités consacrés à la pêche peuvent atteindre jusqu'à 32 mètres de long. Des petits métiers jusqu'au grands ECOREP est à l'écoute et s'adapte aux besoins de tous les clients potentiels. [14]

### 3.1.2 Histoire

ECOREP entreprise de construction navale créée en 1982 par un décret présidentiel N°79/235 du 24 novembre 1979. Le siège social est situé à Bousmail wilaya de Tipaza en Algérie. L'entreprise était spécialisée dans la construction et la réparation de tout type de bateaux destinés à la pêche et plaisance principalement en bois. Constatant que le marché algérien est prometteur, ECOREP tend à l'amélioration continue et le développement de son savoir-faire ainsi que son potentiel afin de répondre aux besoins locaux à moyen terme, ensuite destinés à l'exportation à long terme. En 2015, le géant français du groupe Piriou premier chantier privé de construction d'ingénierie et de réparation navale en France s'installe en Algérie en créant ECOREP-PIRIOU à travers une joint-venture.

### 3.1.3 Le Chantier en chiffres

1. Atelier de construction pour navires acier/aluminium avec une superficie de 3580  $m^2$
2. Atelier dédié à la fibre de verre et la réparation avec une superficie de 1800  $m^2$
3. Élévateurs de à bateau de 600 tonnes et chariots.
4. Dalle pour charge lourde (15000  $m^2$ )
5. Un quai d'armement de longueur de 100 m.
6. Une darse de mise à l'eau (40 m × 13 m)

## 3.2 Choix du type de bateau dépollueur :

Pour être capable de concevoir n'importe quel bateau, il est toujours obligatoire de passer et de voir qui sont fabriqués déjà et qui sont de même type et satisfont les mêmes besoins, et dans notre cas, ça veut dire faire la dépollution et collecter les déchets plastiques en mer. Pour cette raison, on choisit un bateau dépollueur qui était fabriqué en Algérie par la société ERENAV. En effet, ce dernier bateau a été conçu à partir d'un autre modèle qui est d'origine Français après faire le Reverse Engineering et ils ont effectué quelques modifications sur tout dans son système de propulsion. Cette dernière modification a causé une perte de l'une des plus importante fonctionnalité, c'est la dépollution des déchets plastique en plain de mer, par contre le bateau fabriqué par ERENAV ne peut pas ramasser les déchets solides au bout de la mer, et il est obligé d'assiéger le plastique vers un corné dans le port.

Notre choix du bateau dépollueur était comme suit :

Caractéristique	Choix
Longueur	9.10 m
Largeur	2.55 m
Matériaux	fibre de verre + aluminium
Coque	dépollueur de l'ERENAV
Moteur	EFINOR
Système de propulsion	EFINOR
Système de dépollution	EFINOR

TABLE 3.1 – Tableau sur les choix de notre modèle

sachant que **EFINOR**[2] est la même entreprise française qui a fabriqué le bateau de 9 mètres, qu'ERENAV a réalisé en rétro-ingénierie pour fabriquer son propre modèle.

### Visite de L'ERENAV

Après qu'on a eu l'information que cette société algérienne a fabriqué un bateau dépollueur de 9 m, nous avons programmé une visite chez eux. Le résultat de cette visite est l'obtention des plans de leur bateau dépollueur et plusieurs photos sur le bateau de l'EFINOR dans le port de Ténès.

Ces 02 pièces de données sont notre base de travail pour concevoir notre modèle qui était choisi auparavant.

### 3.3 Conception de la coque

La conception de la coque se fait à partir du **plan des sections** et **plan de forme** données par le bateau de L'ERENAV.

1. Plan des sections : ce plan est réalisé par les ingénieurs de l'ERENAV, il contient 20 dessins techniques des sections du bateau.
2. Plan de forme : c'est une représentation géométrique des lignes caractéristiques d'un objet, généralement utilisée en architecture et en design industriel, pour définir les contours et les dimensions précises d'une pièce ou d'une structure. Il sert de référence pour la fabrication et l'assemblage, assurant la cohérence et la précision des éléments fabriqués.

Comme il est mentionné dans le chapitre N°2, il existe plusieurs logiciels de CAO pour réaliser la conception, et pour notre cas, j'ai utilisé deux logiciels : **Rhino 3D** & **Solidworks**.

En effet, la conception se fait **principalement en Solidworks**, et on a utilisé Rhino 3D pour la projection des points à partir du plan de forme.

1<sup>ère</sup> **Étape** : dessin des 20 sections de bateau comme des esquisses sur Solidworks

Dans cette étape, on a fait le dessin des 20 sections du bateau à partir du plan des sections. Mais le plan des sections n'était pas suffisant, car il y avait des côtes manquantes. Pour cette raison, j'étais obligé d'utiliser le plan de forme. En effet, l'exploitation du plan de forme était à l'aide du logiciel **Rhinoceros 3D**.

Voici les étapes que j'ai suivies pour trouver les côtes manquantes :

1. Ouvrir le plan de forme sous sa forme PDF dans le logiciel.
2. Mettre chaque vue dans son plan approprié.
3. Faire l'échelle du plan pour les mettre dans leurs cotes réelles.
4. Projections des points
5. Exportation des points sous forme pts.

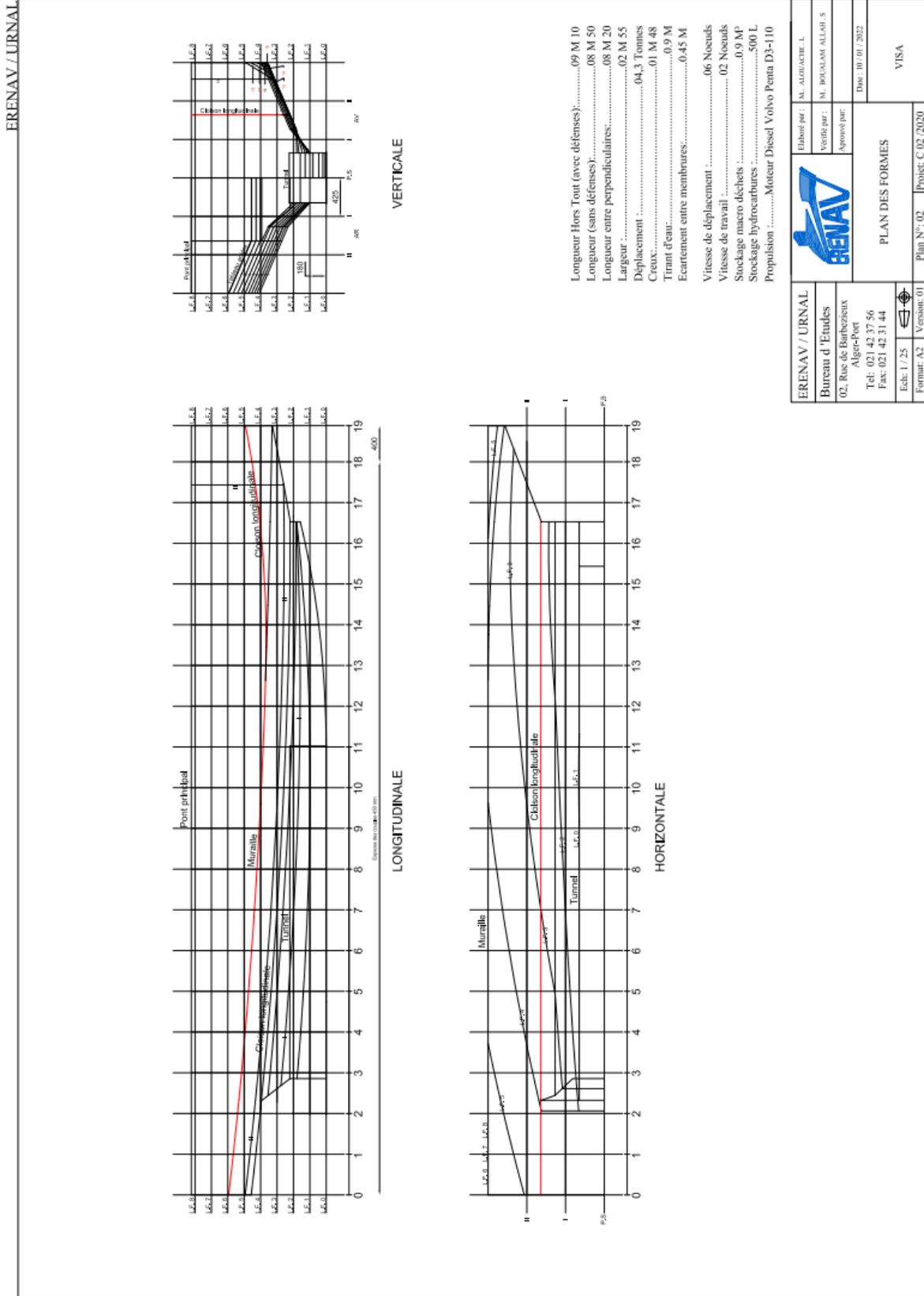


FIGURE 3.1 – Plan de forme

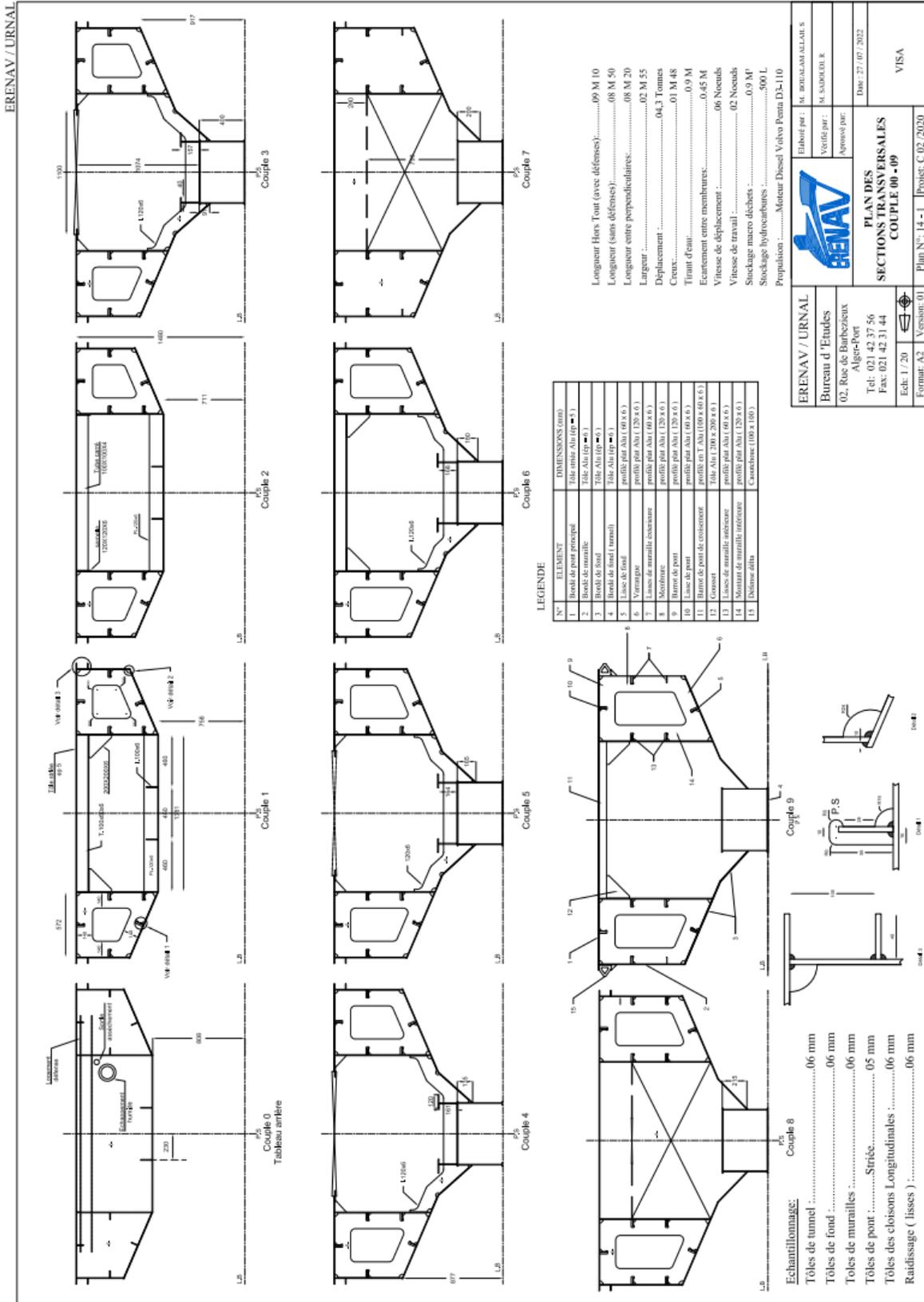


FIGURE 3.2 – Plan des sections de l'ERENAV

Voici un exemple d'une esquisse résultante de la section N°12 :

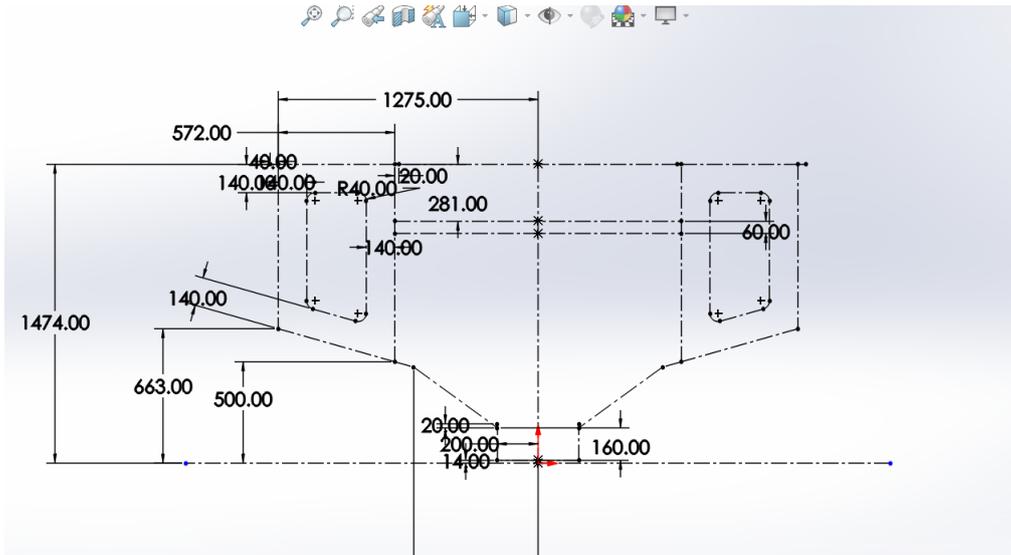


FIGURE 3.3 – Esquisse de la section N°12 en SolidWorks

Après avoir terminé ce travail, on a inséré les 20 esquisses dans le même fichier **SolidWorks** comme suit :

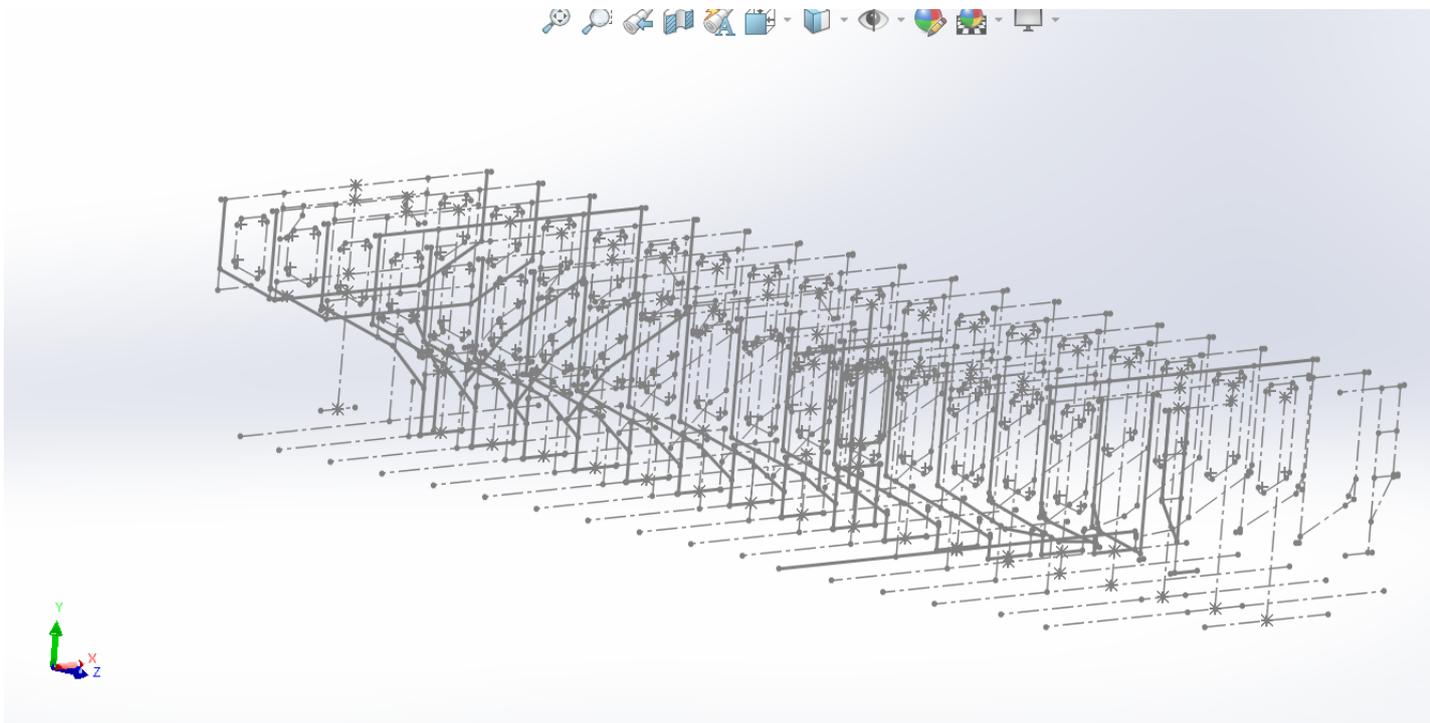


FIGURE 3.4 – 20 esquisses insérées dans le même fichier **SolidWorks**

2<sup>ème</sup> **Étape** : dessins des courbes résultant selon le plan de forme.

En utilisant la commande " spline stylée" pour dessiner la spline qui relie les points qui sont trouvés auparavant par la projection de **Rhino 3D**.

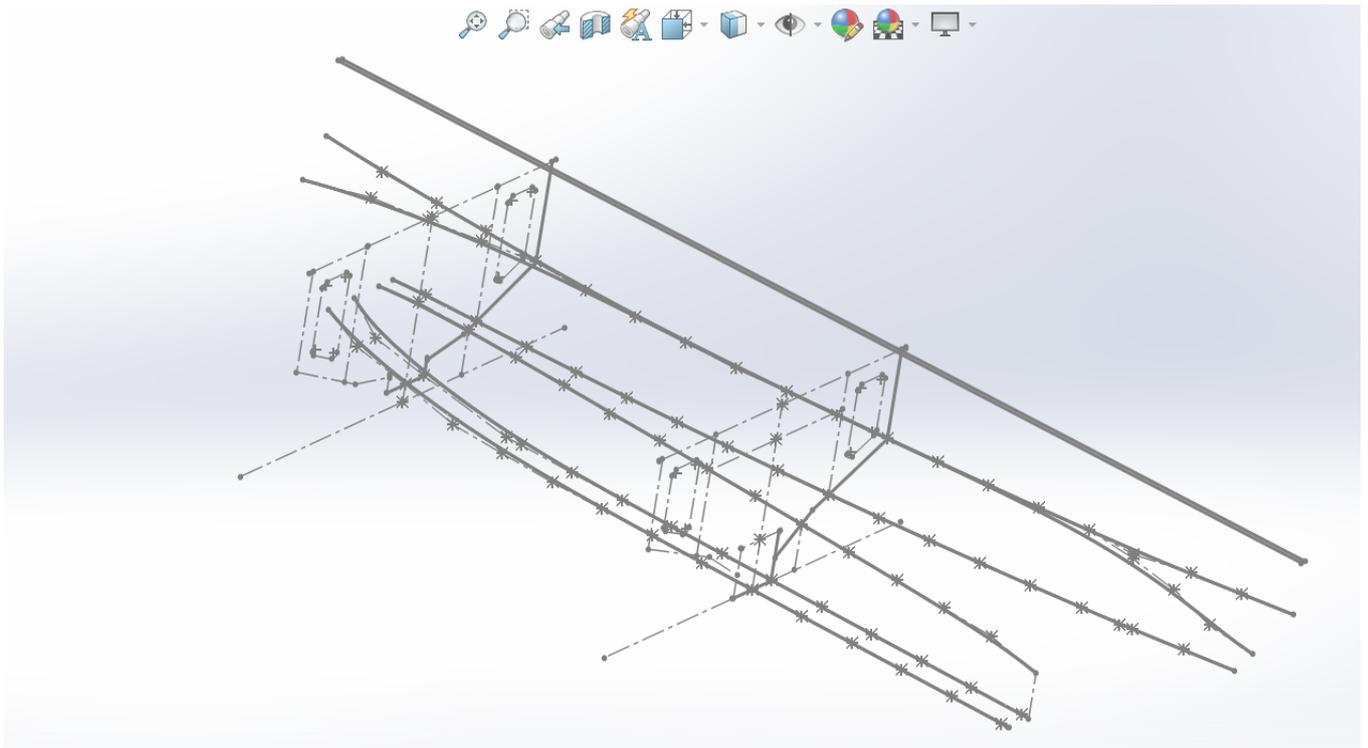


FIGURE 3.5 – Les splines stylées

3<sup>ème</sup> **Étape** : utilisation des fonctions de surfaces pour créer la coque :

En utilisant les fonctions surfaciques, qui sont disponibles dans SolidWorks et surtout "surface lissé" et " surface de limite", on a créé la forme de la coque. puis on a fermé la coque pour pouvoir créer un solide à partir des surfaces résultantes, et par la commande "coque" on crée la coque de notre bateau avec une épaisseur de 6 mm. On note que cette forme de coque est simplifiée, par rapport au plan de forme disponible à raison de la complexité de lire les **Lignes de Flottaison**<sup>1</sup>, les lignes longitudinales et les lignes des sections.

1. Lignes de Flottaison : sont les lignes sur la coque d'un bateau qui indiquent les niveaux de l'eau à différentes profondeurs.

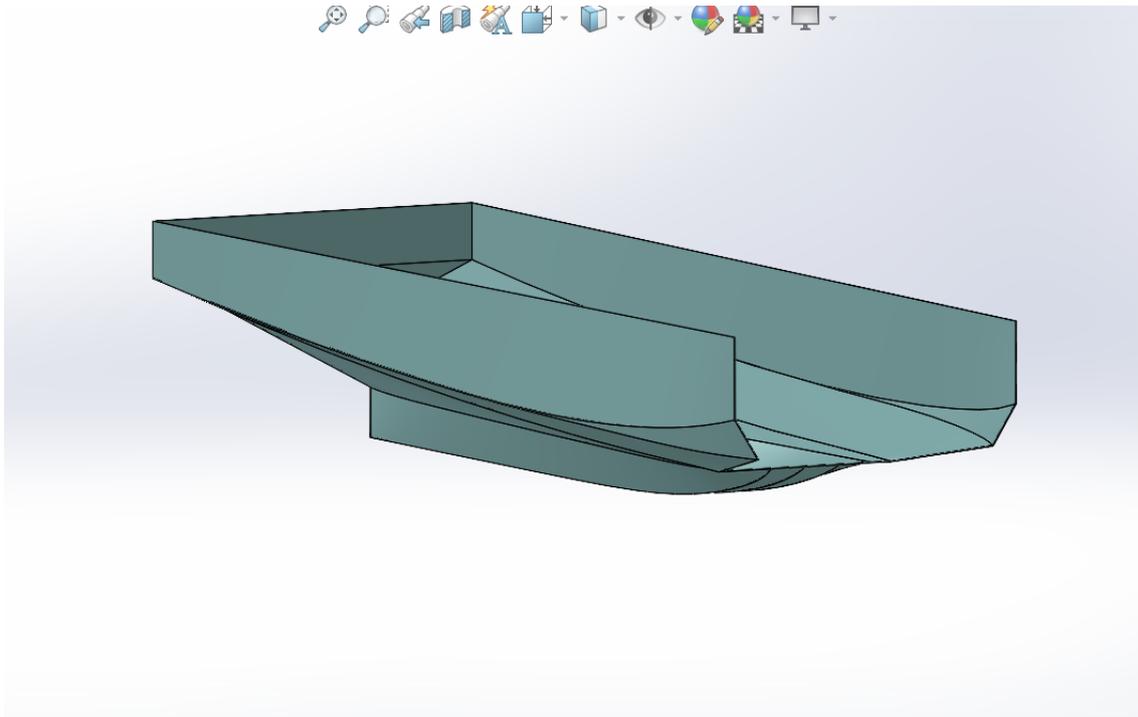


FIGURE 3.6 – La coque résultante

4<sup>ème</sup> **Étape** : séparations et tunnel.

Pour le but d'assurer la flottabilité du bateau, il faut créer du vide à l'intérieur de la coque. Pour cette raison, on a créé des séparations.

Le rôle du tunnel sera expliqué profondément plus tard après qu'on termine la conception du bateau. Mais on peut dire que son rôle brièvement est d'assurer la dépollution des déchets plastiques et des hydrocarbures flottants **au bout de la mer**.

TABLE 3.2 – Spécifications techniques du tunnel

Matériau	Section	Largeur (mm)	Épaisseur (mm)	Longueur (mm)
Aluminium	carrée	400	10	5130

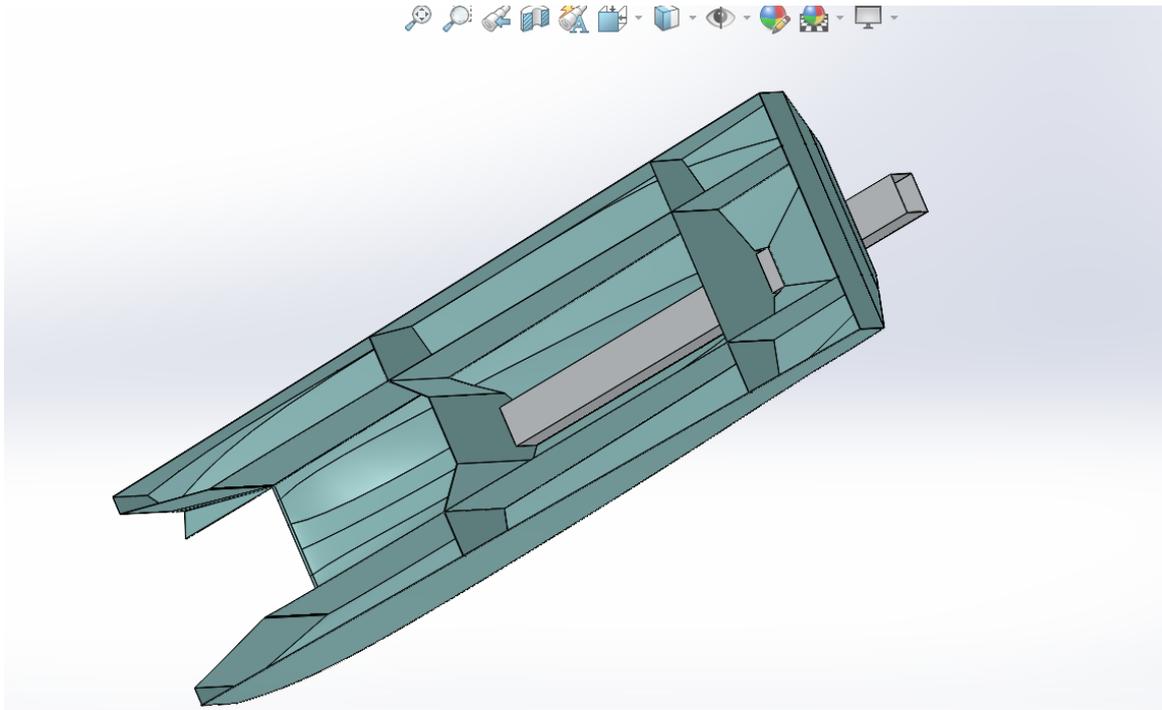


FIGURE 3.7 – Séparations et tunnel

### 3.4 Conception du pont, de la timonerie et du bastingage

#### Le pont :

Le rôle principal du pont est d'être rigide suffisamment pour pouvoir porter les personnes et les poids des équipements selon les besoins du type de bateau.

Dans notre cas, le pont sera construit en bois stratifié. Mais avant d'aller à ce point, il faut d'abord concevoir le renforcement de la coque par des barres en bois. Mais cette conception peut prendre tout le temps du travail, car ce travail se fait selon les normes qui sont mentionnées dans les organisations de calcifications, parce qu'il dépend de la sécurité des personnes. Et pour ces organisations, on cite les 03 suivantes :

- Bureau Veritas (BV) : Bureau Veritas est une organisation internationale de classification et de certification.
- Lloyd's Register (LR) : Lloyd's Register est une autre organisation de classification maritime renommée.
- Det Norske Veritas - Germanischer Lloyd (DNV GL) : DNV GL est une organisation de classification résultant de la fusion de Det Norske Veritas (DNV) et Germanischer Lloyd (GL)

Par conséquent, notre travail n'incluait pas le renforcement et la rigidité du pont, et il sera descriptif surtout sur le système de dépollution. Donc, le pont dans notre conception est représenté comme une tôle de 5 mm.

**La timonerie :**

C'est la cabine d'un navire dans laquelle se trouvent les équipements de navigation et où le navire est piloté.

**Le bastingage :**

C'est la rambarde ou la balustrade qui entoure le pont d'un navire pour assurer la sécurité des personnes à bord. Dans notre cas, il est construit en inox avec des barres creuses en section de 40 mm.

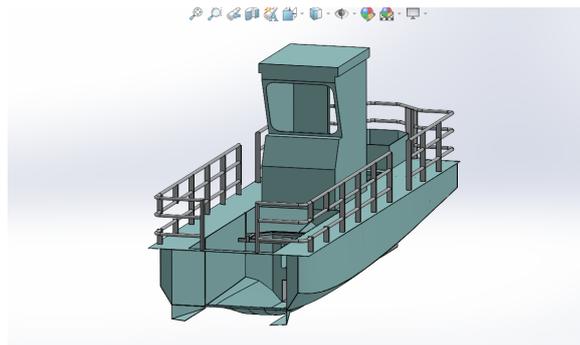


FIGURE 3.8 – Pont, bastingage et timonerie

### 3.5 Modes de fonctionnement du bateau

Ce bateau a deux modes de fonctionnement : mode route et mode dépollution. Les équipements qui sont responsables des changements du mode sont : la porte avant, la porte arrière et le godet.

**Porte avant :**

Le rôle principal de cet équipement est de changer entre les deux modes de fonctionnement : mode marche et mode de dépollution. Elle est construite en aluminium et contrôlée par 02 vérins hydrauliques qui sont selon les spécifications techniques suivantes :

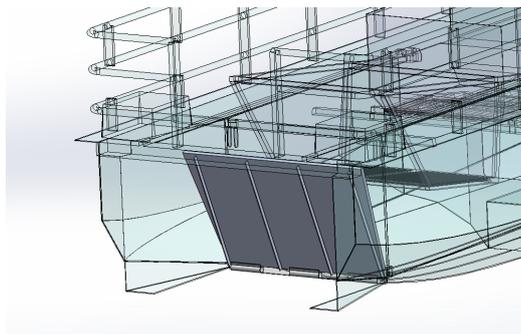


FIGURE 3.9 – Porte avant

TABLE 3.3 – Spécifications techniques des vérins de la porte avant

Diamètre du piston	Diamètre de la tige	La course	Longueur
40 mm	20 mm	300 mm	460 mm

**Porte arrière :**

Cet équipement se situe en arrière, il est connecté au tunnel. Cette porte est construite en aluminium. Elle possède deux positions : une position fermée, lorsqu'elle est en parallèle avec la paroi inférieure du tunnel, et une deuxième position lorsqu'elle est fermée. Elle est contrôlée par un seul vérin.

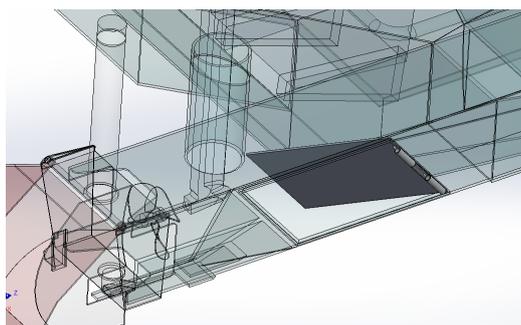


FIGURE 3.10 – Porte arrière

TABLE 3.4 – Spécifications techniques des vérins de la porte arrière

Diamètre du piston	Diamètre de la tige	La course	Longueur
30 mm	20 mm	200 mm	365 mm

### Le godet

Il a trois positions : en bas, en haut et en position neutre. La première position permet au bateau de marcher en arrière, car le flux des eaux propulsé par l'hélice frappe le godet, ce qui crée une poussée vers l'arrière. La deuxième position, c'est la marche avant, car l'effet du godet est totalement supprimé. Lorsque le godet est dans sa position neutre, le flux des eaux à travers le tunnel frappe le godet et se traverse vers le bas, ce qui change le mode vers la dépollution et suce les déchets flottant au bout de la mer.

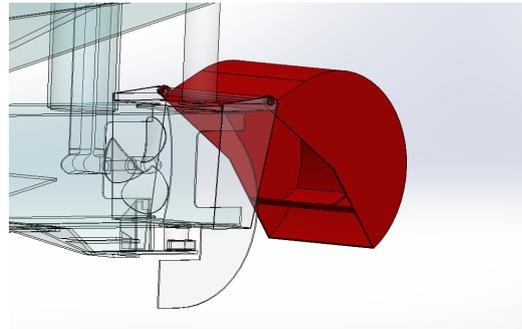


FIGURE 3.11 – Godet

Sa forme se rassemble au godet utilisé par les pelles hydrauliques avec une tôle coupée au milieu.

### 3.5.1 Mode route :

Au cours de ce mode, la porte avant est fermée et la porte arrière est ouverte. Donc, l'eau de la mer ne rentre pas dans le tunnel et le godet est soit dans la position en haut qui est celle de marche avant, ou bien dans la position en bas qui est celle de marche arrière.

### 3.5.2 Mode de dépollution

La porte avant est ouverte, la porte arrière est fermée et l'eau de la mer s'écoule à travers le tunnel. Le godet est dans une position appelée **position neutre**, ce qui fait que le bateau ne se déplace pas, mais il crée un courant d'eau qui suce les déchets marins.

## 3.6 Système de dépollution contre les déchets plastiques

Cette opération se fait lorsque le bateau est en mode de dépollution et à l'aide de deux composants : le panier et le bac.

**Panier :**

Son rôle est de capter et de collecter les déchets solides flottants dans la mer, et de laisser l'eau s'écouler à travers le tunnel. Il est construit en aluminium et commandé par 02 vérins hydrauliques pour pouvoir décharger les déchets collectés dans le bac situé au niveau du pont.

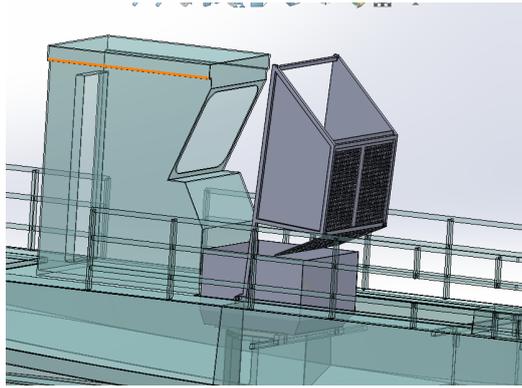


FIGURE 3.12 – Panier

TABLE 3.5 – Spécifications techniques des vérins du panier

Diamètre du piston	Diamètre de la tige	La course	Longueur
40 mm	30 mm	250 mm	495 mm

**Bac de stockage**

C'est un réservoir en aluminium qui est situé au niveau du pont. Son rôle est de stocker les déchets solides collectés par le panier. Sa capacité de stockage est de 1200 kg.

### 3.7 Système de dépollution contre les hydrocarbures flottants

Ce bateau a une technique spéciale pour la dépollution des hydrocarbures flottants dans la mer, elle est appelée **Double Flux Technologie** [2], elle sera expliquée dans cette section. Les composants de cette dépollution sont : le réservoir des hydrocarbures, la porte du réservoir et un venturi pour l'évacuation des eaux de la mer dans le tunnel.

Rappelons que lorsque le bateau est en mode de dépollution, la porte avant est ouverte, la porte arrière est fermée et le godet est en position neutre. Ce mode aide à la suce des déchets flottants, soit les déchets plastiques ou bien les déchets liquides.

### Réservoir des déchets liquides :

Il se situe entre la salle machine et la partie d'admission des déchets plastiques et admet une capacité de stockage de 4000 L. Il contient une entrée des eaux de la mer au niveau de la ligne de flottaison. Cette entrée est équipée d'une porte qui agit comme un clapet. Sachant que la densité des hydrocarbures est faible par rapport à celle des eaux de la mer, donc, les hydrocarbures sont au niveau de la ligne de flottaison, ce qui aide à la séparation des hydrocarbures.

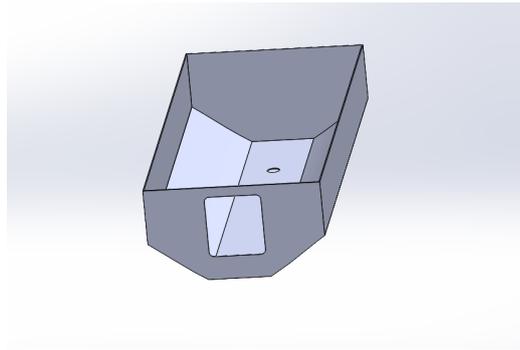


FIGURE 3.13 – Réservoir des déchets liquides

En effet, cette entrée ne suffit pas pour séparer les hydrocarbures. Alors, le réservoir est équipé d'un trou de venturi dans sa base et il est connecté avec le tunnel. Le trou de venturi est un système qui possède un capteur des densités, ce qui laisse juste que les eaux de la mer se passent, mais les hydrocarbures restent dans le réservoir. Si le capteur indique que les hydrocarbures sont au niveau de venturi, la porte d'entrée sera fermée.

## 3.8 Choix du moteur et le système de propulsion

### 3.8.1 Choix du moteur

En se basant sur le modèle d'EFINOR, le moteur choisi pour accomplir ce travail, est un moteur de type : **en-bord** avec **arbre vertical**, la puissance du moteur est de 75 chevaux.[10]



FIGURE 3.14 – Moteur Volvo Penta en bord diesel 75 chevaux [10]

### 3.8.2 Système de propulsion

Le système de propulsion de ce navire a un effet double sur son fonctionnement, car il non seulement assure la poussée suffisante pour faire le bateau se déplacer, mais aussi il crée un courant pour accomplir la dépollution au bout de la mer.

Les composants de ce système sont : Le moteur, l'hélice, le gouvernail et le godet.

### L'hélice

Elle transforme l'énergie mécanique du moteur en poussée, propulsant ainsi le navire en avant ou en arrière. Pour notre application, on trouve que l'hélice a 03 pales et sa forme a été obtenue en utilisant RHINO 3D. J'ai ouvert l'image de l'hélice dans le logiciel et tracé le spline suivant le parcours de la pale. Après, j'ai appliqué la courbe obtenue dans SOLIDWORKS pour obtenir la forme dans la figure 3.12.

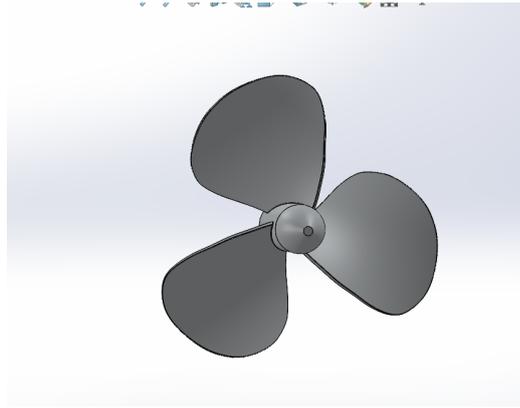


FIGURE 3.15 – Hélice

Pour le diamètre de l'hélice, la conception est tirée de la référence [6]. La règle dit que : il faut que le diamètre de l'hélice soit 90% de diamètre du tunnel. Ainsi :

$$D_{tunnel} = 350mm,$$

donc :

$$D_{hélice} = 0.9 \times 350 = 315mm$$

$$D_{hélice} = 315mm$$

la distance entre l'hélice et le gouvernail est calculé à partir d'une autre relation d'après la même source [6]. 15% du diamètre de l'hélice est la distance entre elle et le gouvernail.

Donc :

$$D_{H-G} = 0.15 \times 315 = 47.25$$

$$D_{H-G} = 47.25 \text{ mm}$$

### Le gouvernail

Il permet de diriger le navire en contrôlant sa trajectoire. En ajustant l'angle de la barre, il modifie la direction de l'eau autour de la quille, ce qui entraîne un changement de cap. Pour notre application, il est un peu spécial, car il est soudé dans un cadre qui se situe dans la sortie du tunnel. L'ensemble de ce cadre plus le gouvernail sont dirigés par un vérin hydraulique. Le cadre est attaché avec le godet et contrôlé par un autre vérin.



FIGURE 3.16 – Le gouvernail

Les 02 vérins hydrauliques utilisés sont des vérins de direction et leurs spécifications techniques sont illustrées dans le tableau suivant :

TABLE 3.6 – Spécifications techniques des vérins de système de propulsion

Diamètre du piston	Diamètre de la tige	La course	Longueur
30 mm	18 mm	200 mm	365 mm

### 3.9 Fabrication d'une maquette

Dans le but d'ajouter un aspect de prototypage à notre projet, on a essayé de produire une maquette par impression 3D et découpage laser. Dans cette partie, nous allons expliquer les phases de travail dans ce sens.

#### 3.9.1 La mise à l'échelle

Le premier modèle conçu de notre bateau par SOLIDWORKS, était avec des dimensions réelles par exemple : sa longueur est de 9 m. Mais pour pouvoir faire une maquette, il faut d'abord réduire les dimensions vers la taille de l'imprimante 3D disponible. Pour cela, on a fait l'échelle suivante :

TABLE 3.7 – L'échelle de la maquette

Longueur du bateau réel (m)	Longueur de la maquette (mm)
9	270

Cette opération a été réalisée en utilisant une commande dans le logiciel RHINO 3D appelée **Scale**. Après, j'ai sauvegardé chaque pièce de notre bateau dans un fichier STL pour l'imprimer en 3D.

Malheureusement, on a trouvé un problème non prévu, ce sont les épaisseurs des pièces à imprimer sont très fines (moins de 0.2 mm) ce qui nous oblige de modifier toutes les pièces avant l'impression 3D et augmenter leurs épaisseurs par l'application de la commande "**Offsr**" sur toutes les surfaces et en deux côtés.

#### 3.9.2 Impression 3D

Après que nos pièces sont prêtes en forme STL, maintenant, c'est l'étape d'utiliser un logiciel pour créer le code G qui peut être exécuté par l'imprimante. On a utilisé le logiciel **UltiMaker Cura**. On a imprimé toutes les pièces sauf le pont qui était fabriqué par découpage laser.

#### 3.9.3 Découpage laser du pont

Le pont est une plaque plane qui peut être fabriquée par découpage laser. Cette idée a été proposée par le responsable du fablab au niveau de l'école.

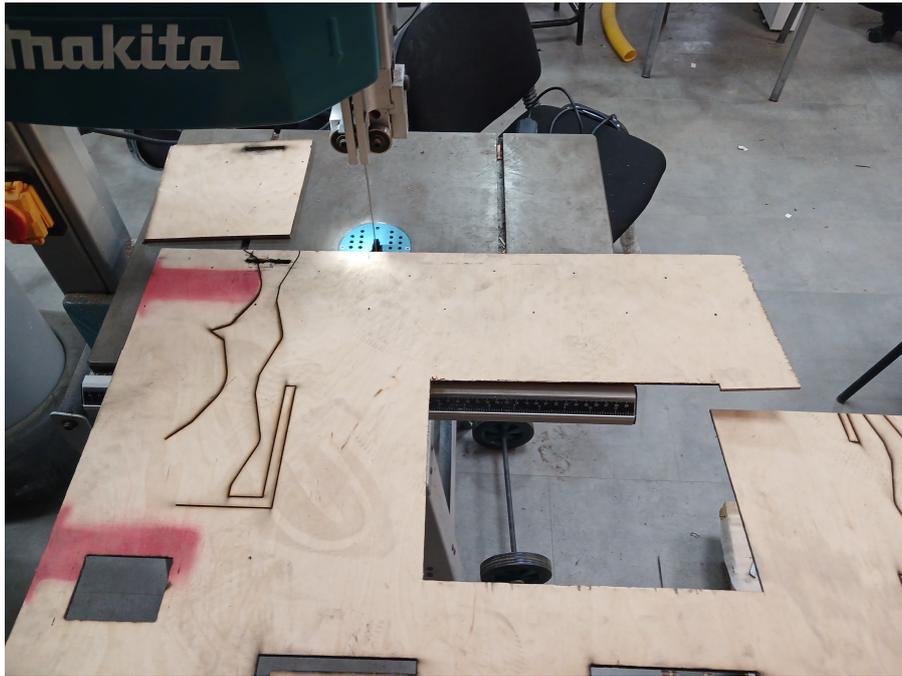


FIGURE 3.17 – Préparation de la plaque brute

Après qu'on a préparé la pièce brute, nous avons appliqué le dessin 2D du pont dans le logiciel qui marche avec la machine. Finalement, on a lancé la machine et le résultat est au-dessus :

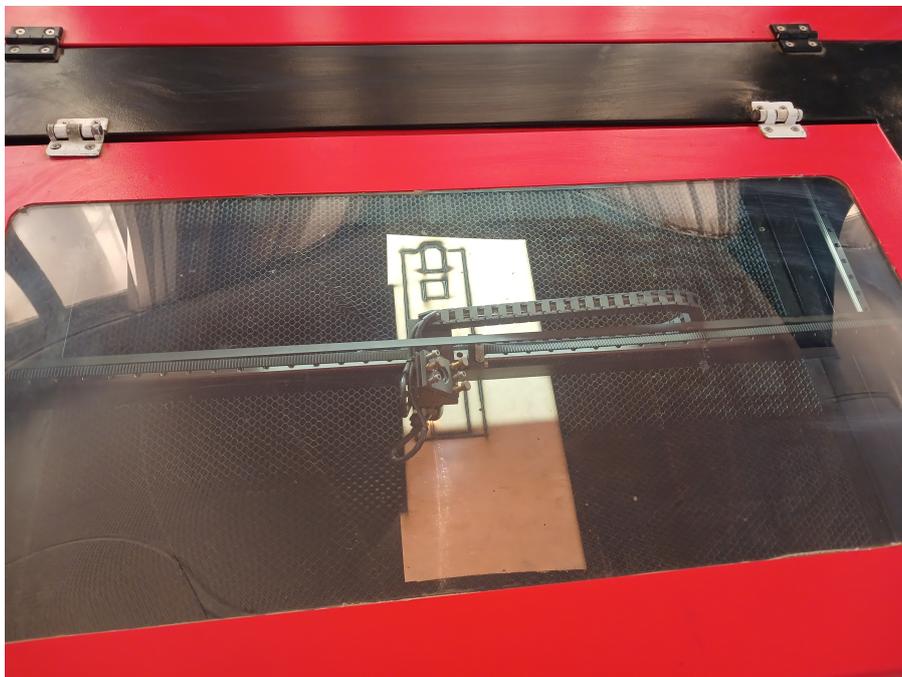


FIGURE 3.18 – Plaque résultante du découpage laser

### 3.9.4 Assemblage et décoration

Après production de toutes les pièces, j'ai essayé d'assembler les pièces fabriquées et j'ai ajouté quelques retouches pour la décoration. On a coloré les pièces selon leurs matériaux : aluminium, inox et fibre de verre.

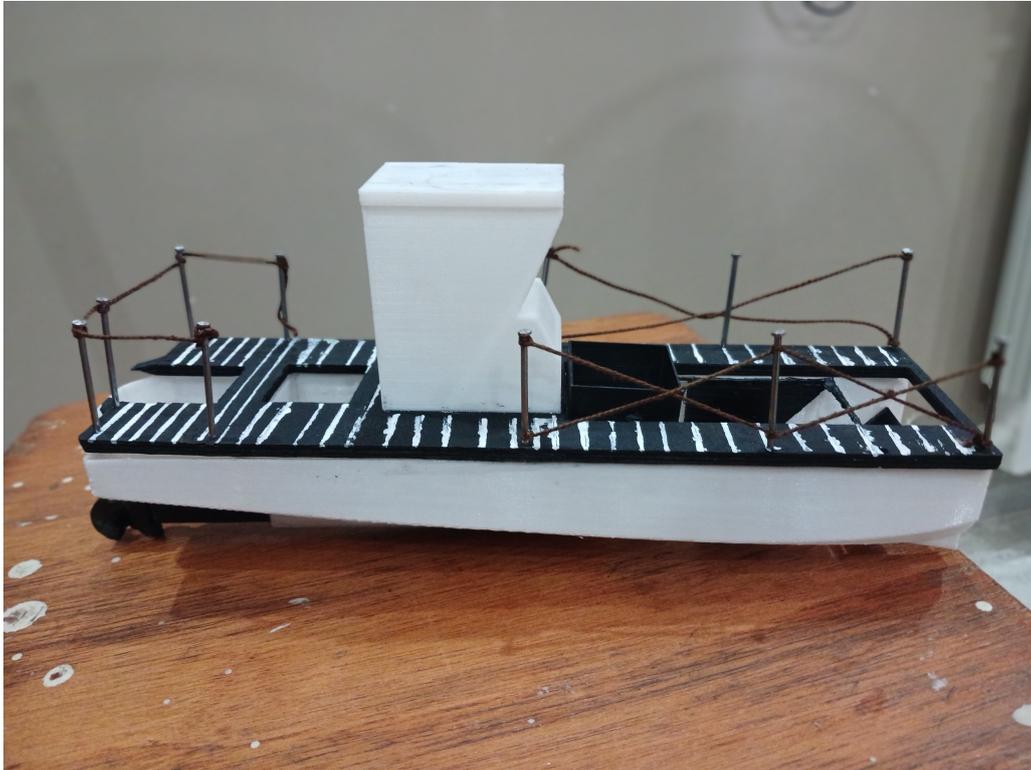


FIGURE 3.19 – Photo de la maquette

## Chapitre 4

# Évaluation et Validation du Modèle sous l'angle du Génie Maritime

Ce chapitre se concentre sur l'évaluation de notre bateau dépollueur du point de vue du génie maritime. Autrement dit, est-ce que notre bateau peut flotter ? À quel niveau il est stable et valide pour qu'il soit produit dans le futur ?.

Pour répondre à ce type de questions, il faut faire l'une des deux méthodes d'évaluation : la simulation ou bien les tests de bassin de carène.

Pour notre cas, j'ai utilisé la simulation faite par l'ingénieur d'ECOREP qui permet de faire un devis de poids et une courbe de la puissance en fonction de la vitesse. À la fin de ce chapitre, une comparaison sera faite avec les résultats obtenus avec la fiche technique de celle d'EFINOR [2].

## 4.1 Devis de poids

C'est un calcul technique détaillant les poids des divers équipements et structures à bord d'un navire. Pour appliquer ce travail sur notre modèle, nous allons citer les différentes structures et équipements qui sont pris en considération lors du calcul :

- la coque
- le pont
- les séparations
- la timonerie
- le bastingage
- le moteur + ces accessoires
- le renforcement de la coque
- le bac
- le panier
- le réservoir des hydrocarbures
- le godet
- le gouvernail
- les vérins hydrauliques
- la porte avant et la porte arrière.

En utilisant le logiciel de CAO **RHINO 3D** pour calculer toutes les surfaces et les longueurs, par les commandes : "**Area**" et "**Length**" respectivement. Sachant les densités volumiques et surfaciques de chaque pièce, comme il est illustré dans le tableau (TABLE 4.1), nous étions capables de calculer le poids lège de notre bateau (annexe A TABLE 1.1).

TABLE 4.1 – Les masses volumiques et surfaciques selon le matériau

Fibre weight kg/m <sup>2</sup>	4.95	Coque inférieure
Resin weight kg/m <sup>2</sup>	8.35	
Fibre weight kg/m <sup>2</sup>	2.85	Coque supérieure
Resin weight kg/m <sup>2</sup>	5.05	
Bois Multiplis kg/m <sup>3</sup>	550	Séparations
Inox 316 kg/m <sup>3</sup>	8000	
alum série 6000 kg/m <sup>3</sup>	2700	

Comme résultat, on a trouvé le poids lège de notre bateau égal à :

$$\boxed{\text{poids lège} = 3087.05 \text{ Kg}}$$

Si on compare ce résultat avec celui du modèle fabriqué en aluminium par EFINOR [2], on trouve que notre modèle est un peu plus lourd, car le poids lège de celui de EFINOR pour le modèle wastecleaner 92 égale : 2800 Kg.

Donc :

$$\text{diff} = P_V - P_A = 3087.05 - 2800 = 286.05$$

$$\boxed{\text{diff} = 286.05 \text{ Kg}}$$

Cette valeur de différence peut être expliquée par 02 raisons :

1. Notre bateau est fabriqué en fibre de verre, et renforcé par des barres en bois, ce qui donne un poids de plus en comparaison avec le modèle fabriqué en aluminium.
2. Lorsqu'on a calculé le renforcement de la coque par le bois, on a utilisé une méthode approximative :

$$\text{poids du renforcement} = 1.5 \times \text{le poids de la coque}$$

mais en vrai, il faut d'abord faire une étude d'échantillonnage pour un navire ou un bateau de ce genre avant passé à l'estimation de poids, ça veut dire, concevoir le renforcement par des barres en bois avec des sections de 70 mm × 70 mm pour donner un calcul plus précis de devis de poids.

## 4.2 Courbe de puissance

Un autre travail qui a été fait que l'on peut exploiter pour valider notre modèle, surtout dans le choix du moteur.

La table 4.2 donne des valeurs de la puissance en (ch) en fonction de la vitesse en (nœuds) . Ces valeurs sont prises à partir d'une simulation par MAXSERF de la 3D du bateau de notre modèle. Comme entrées de cette simulation : nous avons la 3D de la coque, et on va choisir un tirant d'eau,

Le résultat est illustré dans la figure 4.1 où on trouve deux courbes de puissance (en chevaux) et de résistance (en KN) de la coque en fonction de la vitesse.

### Analyse de la courbe

On remarque que chaque fois que la vitesse de la coque augmente, la résistance augmente et la puissance du moteur requis augmente aussi. Donc, les 03 paramètres sont en relation proportionnelle. Ce résultat est logique, car les frottements de l'eau sur la coque freinent la coque, et pour couvrir cette augmentation de résistance, il faut la conforter par une augmentation de puissance.

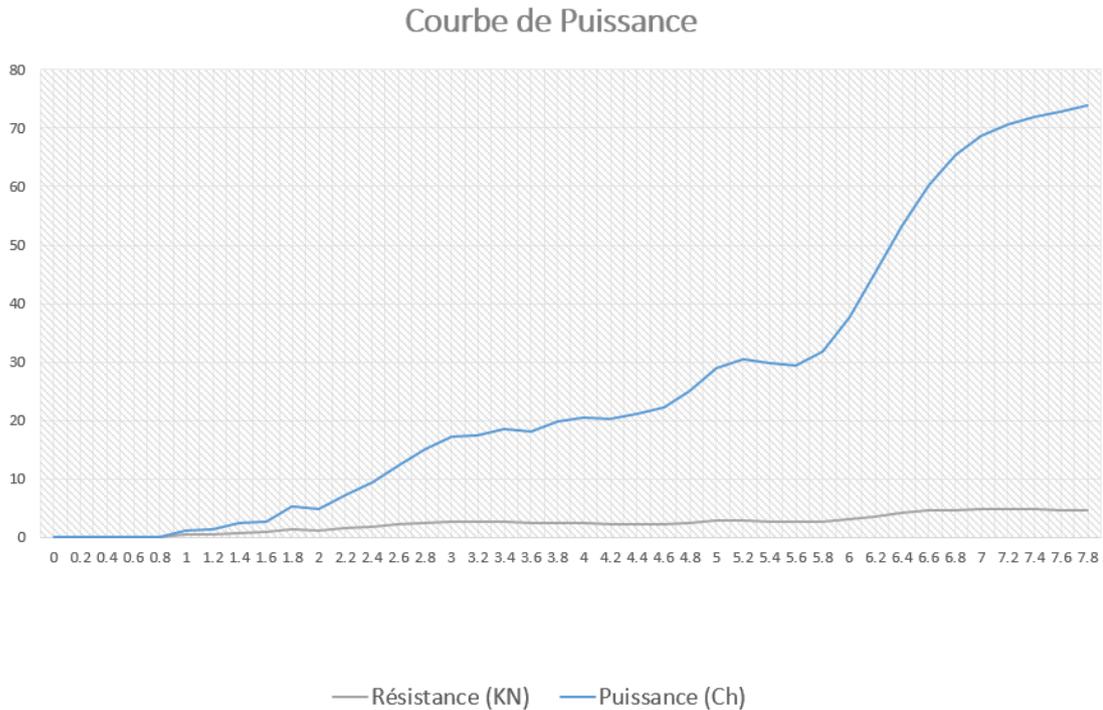


FIGURE 4.1 – Courbe de puissance et de résistance en fonction de la vitesse de la coque

#### Résultat et comparaison

Le résultat de ce travail montre que pour une valeur de vitesse de 8 nœuds, nous sommes en besoin d'un moteur de 73.48 chevaux ce qui compatibles avec les valeurs mentionnés dans la fiche technique de bateau de celui de l'EFINOR, ils ont écrit que la vitesse maximale de ce bateau est de **7 nœuds** pour un moteur de 75 Chevaux.

## WASTECLEANER 92

SPÉCIFICATIONS TECHNIQUES	
<b>CONSTRUCTION</b>	
Matériau	Aluminium
Navire certifié	Bureau Veritas
Règlementation	Division 222
Motorisation	75 CV inbord
Vitesse max	7 nœuds
Catégorie	4 <sup>ème</sup>
Manutention par un seul point de levage	
<b>DIMENSIONS</b>	
Longueur coque	9 m
Largeur coque	2,40 m
Poids léger	2 800 kg
Tirant d'eau moyen	0,85 m
Equipage	1
Gabarit routier	
Cabine fermée	

FIGURE 4.2 – Spécifications techniques du bateau dépollueur de 9m d'EFINOR

TABLE 4.2 – Table des valeurs de puissance et de résistance en fonction de la vitesse

Vitesse (nœuds)	Résistance (KN)	Puissance (Ch)
0	–	–
0.2	0	0
0.4	0	0.002
0.6	0	0.009
0.8	0	0.042
1	0	0.078
1.2	0.5	1.159
1.4	0.5	1.342
1.6	0.7	2.342
1.8	0.8	2.743
2	1.3	5.269
2.2	1.1	4.86
2.4	1.5	7.105
2.6	1.8	9.392
2.8	2.2	12.125
3	2.5	15.001
3.2	2.7	17.264
3.4	2.6	17.398
3.6	2.6	18.534

Vitesse	Résistance	Puissance
3.8	2.4	18.082
4	2.5	19.783
4.2	2.5	20.441
4.4	2.3	20.18
4.6	2.3	21.109
4.8	2.3	22.104
5	2.5	25.044
5.2	2.8	28.912
5.4	2.9	30.53
5.6	2.7	29.736
5.8	2.6	29.362
6	2.7	31.796
6.2	3.1	37.519
6.4	3.6	45.245
6.6	4.1	53.262
6.8	4.5	60.138
7	4.7	65.327
7.2	4.8	68.671
7.4	4.8	70.702
7.6	4.8	71.86
7.8	4.7	72.795
8	4.7	73.849

# Conclusion

Au terme du travail de notre mémoire, nous sommes arrivés à faire la conception 3D d'un bateau dépollueur fabriqué en fibre de verre en utilisant le logiciel SolidWorks avec l'assemblage des pièces et leurs dessins de définitions. Une maquette a été imprimée en 3D. Nous avons terminé notre étude par la validation de notre modèle par deux études : le devis de poids et la courbe de puissance en fonction de la vitesse. Ainsi, nous avons répondu à la problématique que nous avons mise au départ, concernant la conception d'un bateau dépollueur et son évaluation.

Le travail dans ce projet était selon une méthodologie spirale itérative qui est utilisée dans la conception navale [7].

Notre projet contient des dessins techniques, des illustrations et des descriptions détaillées sur le modèle du bateau de 9 m fabriqué en fibre de verre qui peut être exploité par l'industrie navale en Algérie. Mais, il faut dire que pour arriver à faire la conception finale d'un bateau, il est obligatoire de travailler dans une équipe d'ingénieurs spécialistes dans chaque phase de la conception

Ce travail m'a été une chance pour développer mes compétences, surtout dans la COA, l'impression 3D et le travail avec les ingénieurs de l'industrie.

Comme perspectives futures et recommandations, nous pouvons diviser les perspectives de ce projet en deux : celles qui sont directement liées à ce projet et la proposition des autres sujets de recherche dans l'industrie navale

- Optimisation de la forme de la coque pour donner plus de l'espace à l'intérieur et augmenter sa flottabilité.
- Faire l'échantillonnage de la coque et du pont et simuler la rigidité du renforcement.
- Simulation du bateau et son fonctionnement

Le travail entamé dans ce mémoire nous a permis de découvrir que le domaine de l'industrie navale est riche en sujets au cœur même du génie mécanique ; sujets qui pourraient être étudiés dans notre département.

Nous pouvons citer ces quelques exemples :

- Conception et dimensionnement des moteurs hybrides
- travailler sur les hélices et trouver des solutions à leurs vibrations et au problème des cavitations.
- Recherche dans les techniques de la fabrication par la fibre de verre dans l'industrie navale.

# Bibliographie

- [1] Bateau dépollueur - jc france. <https://www.jcfranceindustrie.fr/bateau-depollueur/>, 20/07/2024.
- [2] Technologie double flux - efinor. <https://en.efinorseacleaner.com/depolution-par-la-technologie-double-flux>, 20/07/2024.
- [3] Clearbot. <https://www.clearbot.org/>, 20/07/2024.
- [4] Parties composantes d'un bateau. <https://coursnautique.com/differentes-parties-un-bateau>, 20/07/2024.
- [5] ROLF E ELIASSON et MICHAL ORYCH LARS LARSSON. *Principles of Yacht Design*. ADLARD COLES, 2022.
- [6] Hussein Rammal. conception et étude d'un trimaran. 2015.
- [7] Le principe d'archimède. <https://www.science.lu/fr/le-principe-darchimede/faites-plonger-un-ludion-dans-une-bouteille>, 20/07/2024.
- [8] Transverse stability. <https://www.plato.is>, 20/07/2024.
- [9] Righting moment. <https://www.chegg.com/homework-help/questions-and-answers/righting-moment-vessel>, 20/07/2024.
- [10] Moteur volvo penta d2-75. <https://www.dbmoteurs.fr/gamme-volvopenta/moteur-volvo-penta-d2-75>, 20/07/2024.
- [11] La pollution plastique en mer — theseacleaners. <https://www.theseacleaners.org/fr/la-pollution-plastique/>, 20/07/2024.
- [12] BENCHEIKH Abdelwadoud et CHIHEB Zaki. Pollution de la côte est – algérienne par les microdéchets. 2021.
- [13] rapport de caractérisation des déchets cotières - agnece nationale de déchets en algérie. <https://and.dz/rapports/>, 20/07/2024.
- [14] A propos- ecorpe spa. <https://www.ecorepspa.com/about>, 20/07/2024.

# Annexes

# Annexe A

## Les tableaux additionnels

TABLE 1.1 – Devis de poids

Élément	Surface (m <sup>2</sup> )	Diamètre (m)	Longueur (m)	Poids (kg)	
Coque inférieure	26.83			356.84	
Coque supérieure	28.41			224.439	
Les 02 séparations	5.16			34.056	
Pont	12.48			98.592	
Timonerie	15.47			122.213	
Tunnel	7.68			166	épaisseur t=8 mm
Bastingage		38	61.04	232.91	épaisseur t=4 mm
Section en inox	1			64	épaisseur t=8 mm
Moteur en-bord avec arbre vertical (75 ch) + hélice				265	
Réservoir des déchets liquides	23.91			258	épaisseur t=4 mm
Bac des déchets plastiques	9.03			97.524	épaisseur t=4 mm
Panier de déchets plastiques	7.75			83.7	épaisseur t=4 mm
Porte avant	3.7			99.9	épaisseur t=10 mm
Porte arrière	0.23			6.21	épaisseur t=10 mm
Gouvernail	1.43			30	épaisseur t=4 mm
Godet	2.89			31.212	épaisseur t=4 mm
07 vérins hydrauliques				45	
Renforcement				871.905	1.5 * poids de la coque
<b>Poids total (Kg)</b>				<b>3087.50</b>	

# Annexe B

## Les figures additionnelles



FIGURE 2.1 – Déchets microscopiques obtenus d'une plage à Annaba

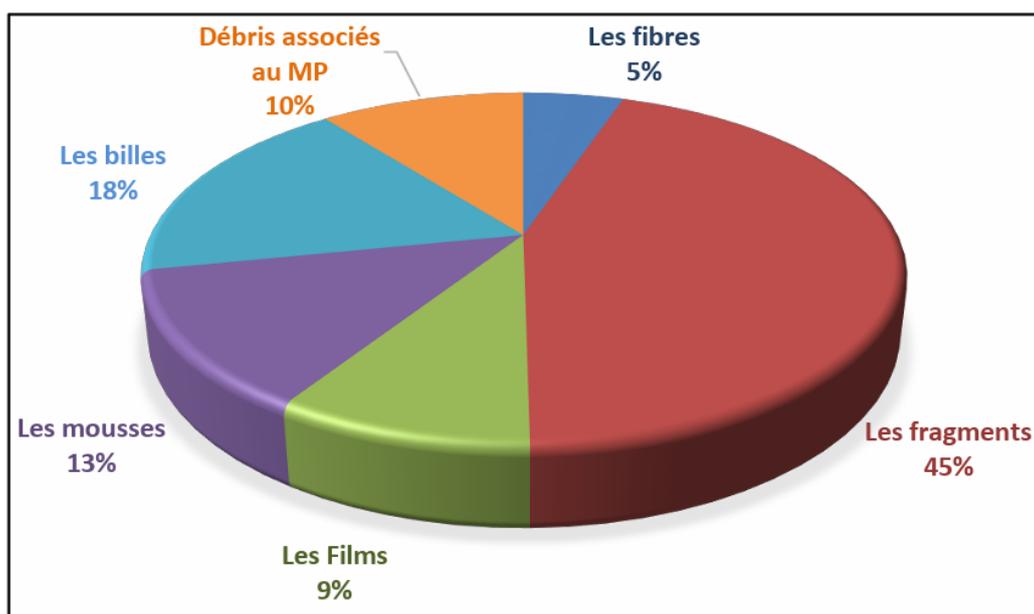


FIGURE 2.2 – Composition des micro-déchets obtenus

Zone	Wilaya	Plages
<b>Est</b>	Jijel	Ouled Bounar
		Kotama
<b>Ouest</b>	Ain Temouchent	Sassel
		Plage des puits
<b>Centre</b>	Tipaza	Tizirine
		Colonel Abbes

FIGURE 2.3 – Tableau des plages dans chaque wilaya

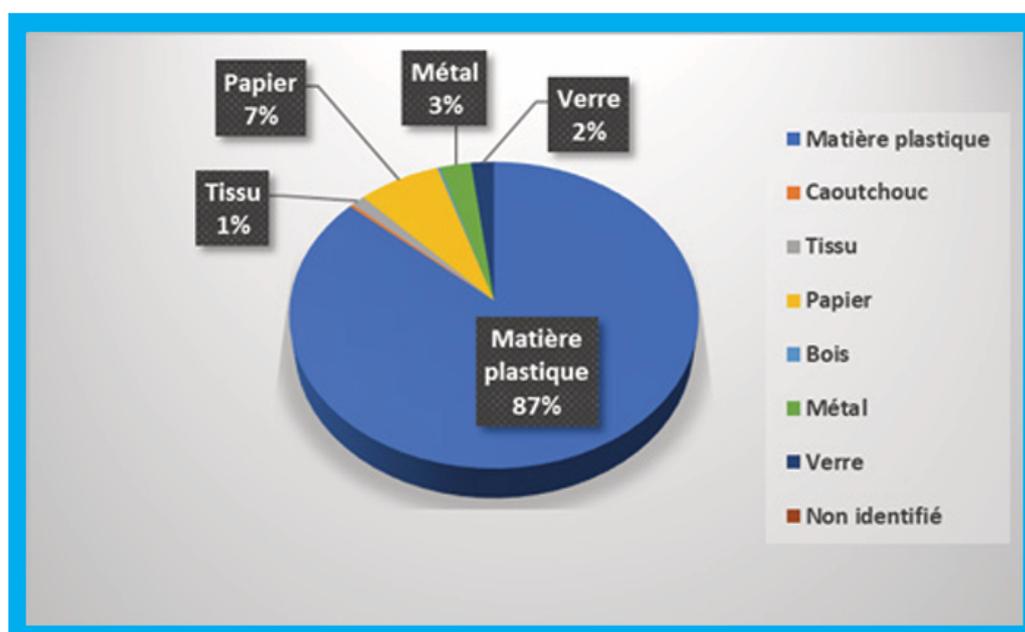


FIGURE 2.4 – Répartition des déchets selon leur type de matériaux

**MULTICLEANER 100**

Longueur	9.40	m
Déchets solides / charge max.	3 / 6	tonnes
Déchets liquides	3 000	L
Capacité d'aspiration	6 000	m <sup>3</sup> /h

**MULTICLEANER 105**

Longueur	10	m
Déchets solides	2,5	tonnes
Déchets liquides	5 000	L
Capacité d'aspiration	6 000	m <sup>3</sup> /h

**MULTICLEANER 117**

Longueur	12.20	m
Déchets solides	2,5	tonnes
Déchets liquides	8 000	L
Capacité d'aspiration	7 000	m <sup>3</sup> /h

**MULTICLEANER 128**

Longueur	13.50	m
Déchets solides	3,5	tonnes
Déchets liquides	8 000	L
Capacité d'aspiration	7 000	m <sup>3</sup> /h

FIGURE 2.5 – Les fiches techniques de chaque modèle de la gamme Multi cleaner

**SPILLCLEANER 180**

Longueur	18	m
Déchets solides	30 tonnes	
Déchets liquides	40 000	L
Capacité d'aspiration	9 000	m <sup>3</sup> /h

**SPILLCLEANER 250**Existe en version rapide **FASTCLEANER 250**

Longueur	25	m
Déchets solides	34 tonnes	
Déchets liquides	120 000	L
Capacité d'aspiration	13 000	m <sup>3</sup> /h

**SPILLCLEANER 410**

Longueur	41	m
Déchets solides	100 tonnes	
Déchets liquides	150 000	L
Capacité d'aspiration	18 000	m <sup>3</sup> /h

**SPILLCLEANER 650**

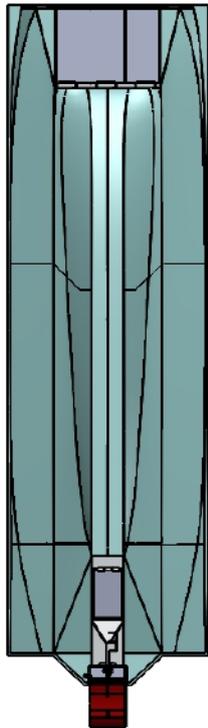
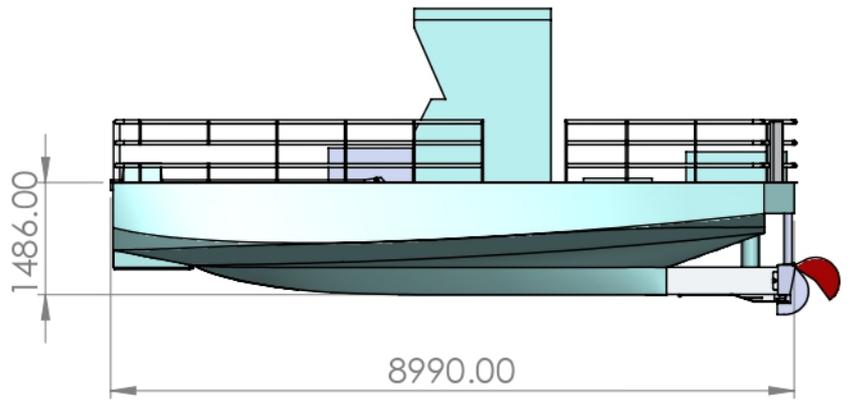
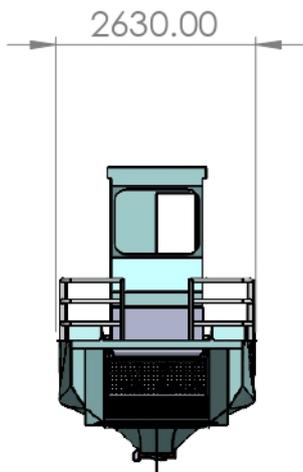
Longueur	65	m
Déchets solides	200 tonnes	
Déchets liquides	300 000	L
Capacité d'aspiration	25 000	m <sup>3</sup> /h

FIGURE 2.6 – Les fiches techniques de chaque modèle de la gamme spill cleaner

## **Annexe C**

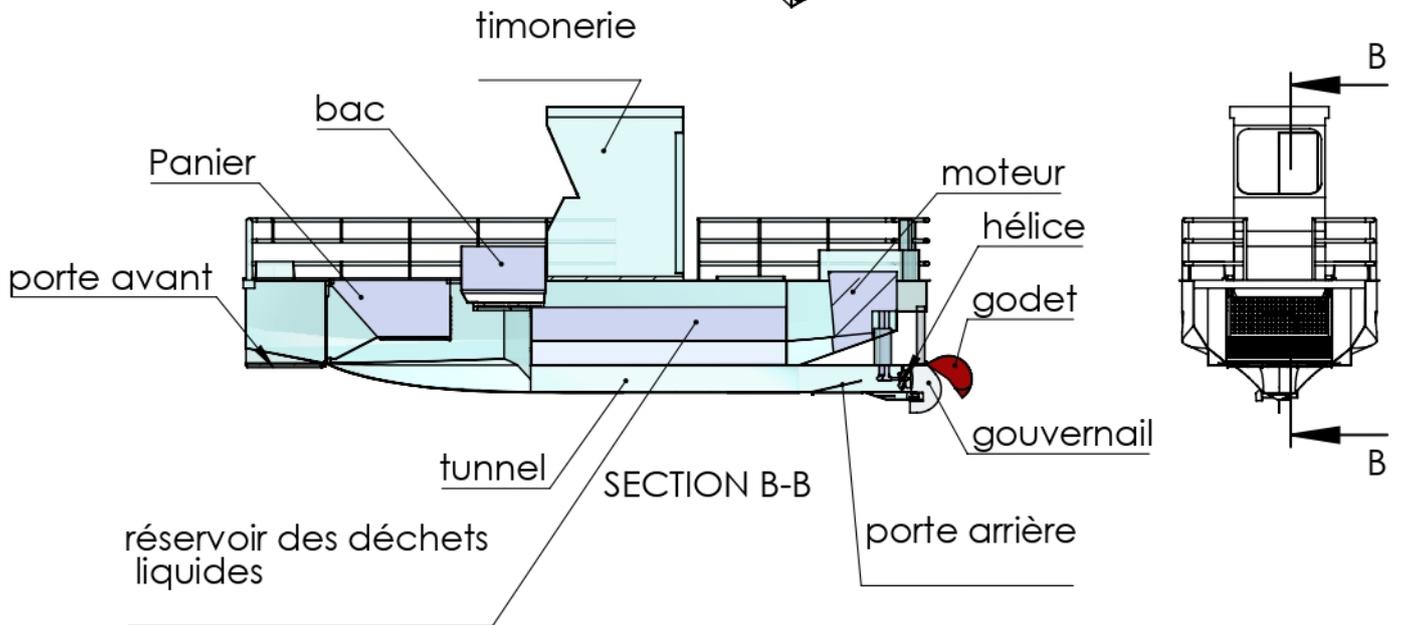
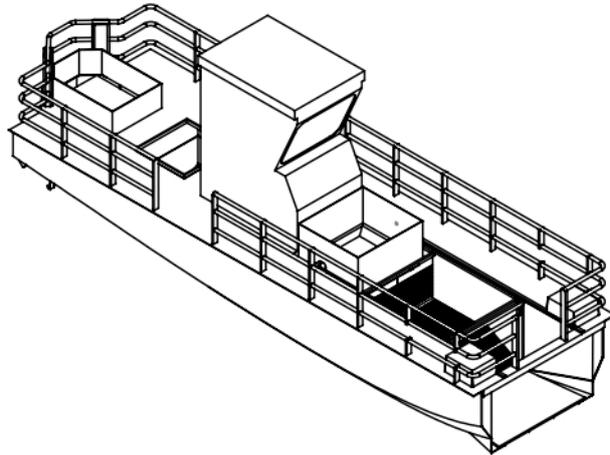
### **Les plans et les dessins de définition**





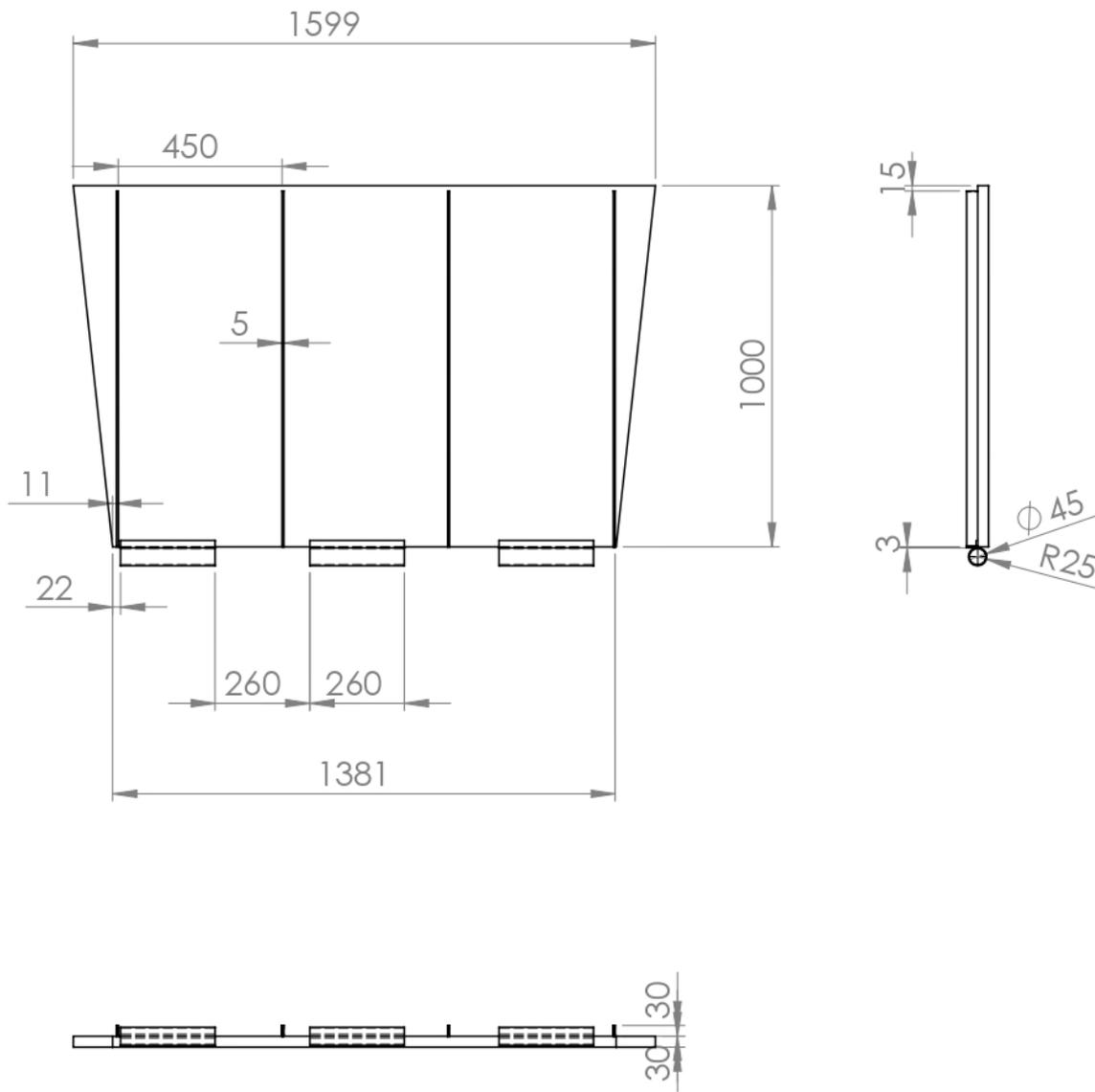
**ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE**

<b>Echelle</b>		<b>Plan vue général</b>	ENP Dépt.Mécanique
<b>Matériau</b>	Fibre de verre		
<b>Etudiant</b>	Kerroum		
<b>Promoteur</b>	Benbraïka		



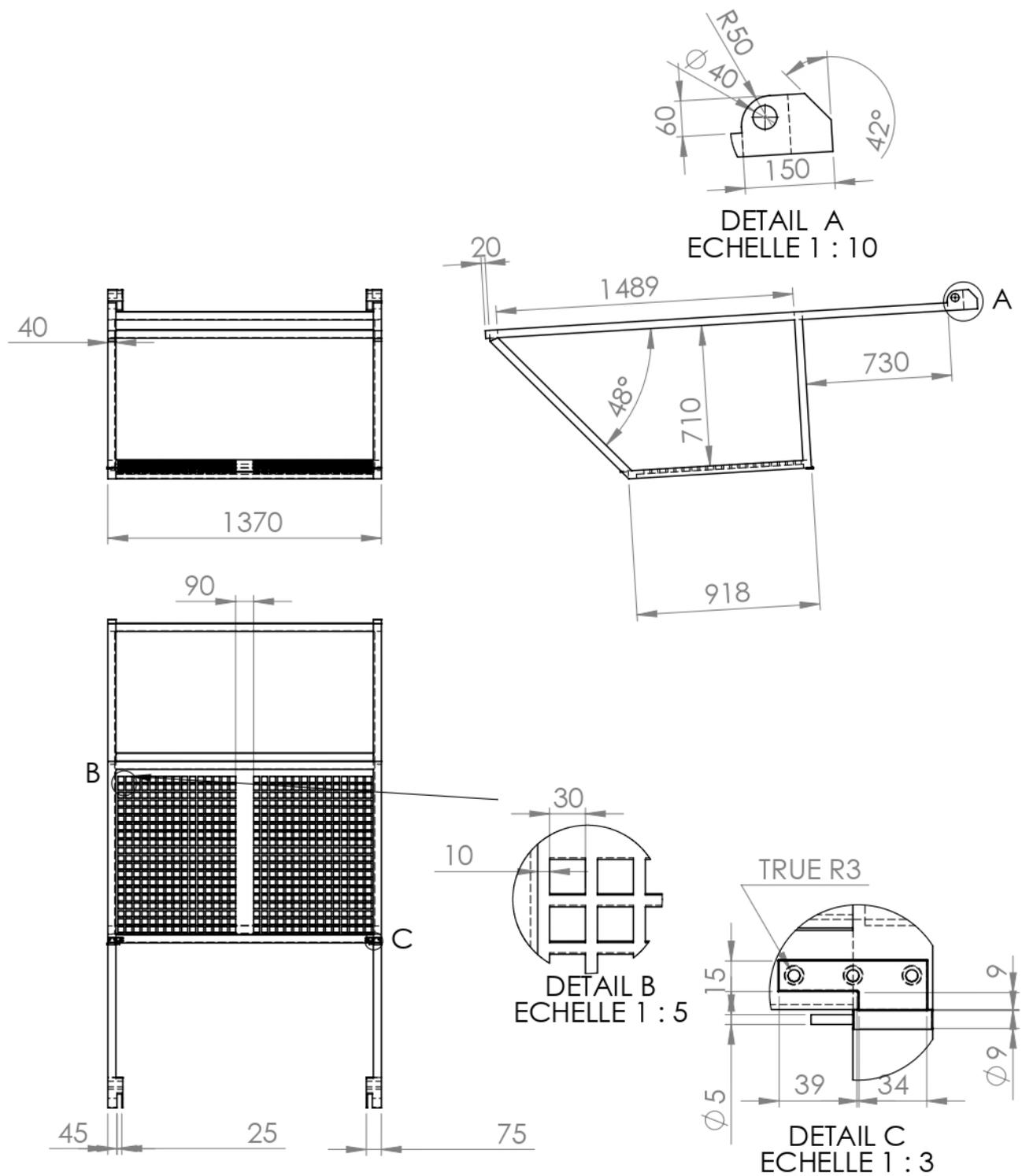
**ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE**

<b>Echelle</b>	⊕ ⊖	<b>Plan de disposition générale</b>	ENP Dépt.Mécanique
<b>Matériau</b>	Fibre de verre		
<b>Etudiant</b>	Kerroum		
<b>Promoteur</b>	Benbraika		



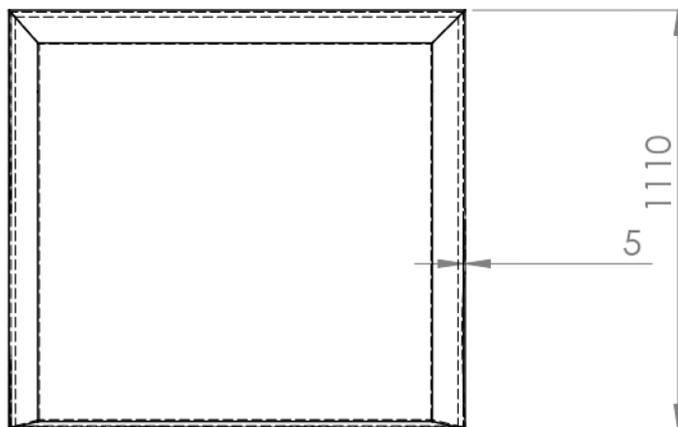
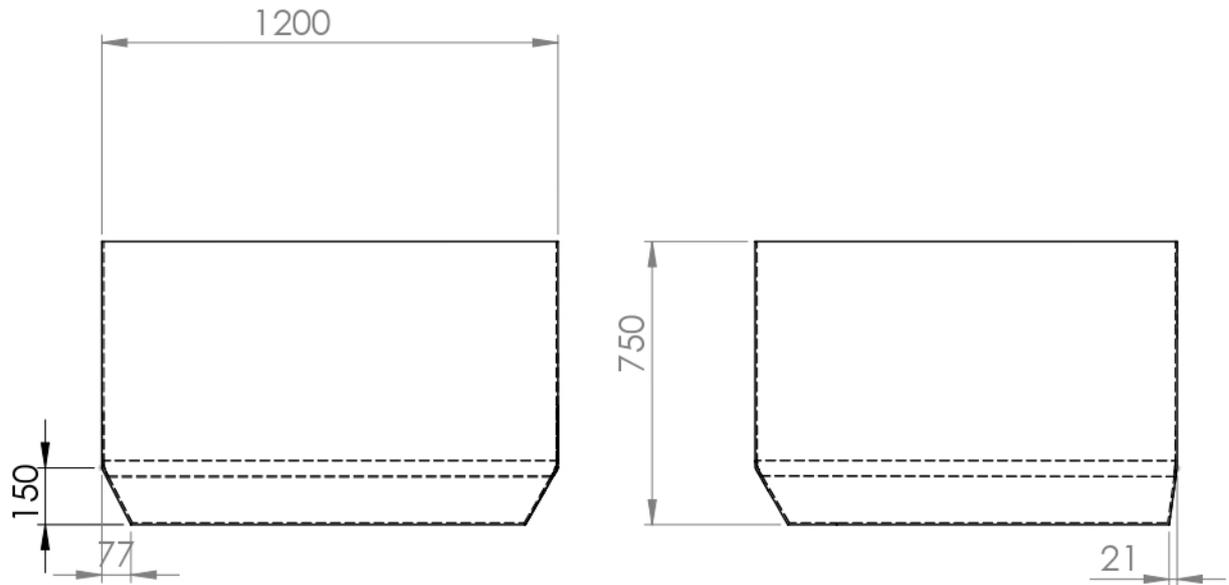
# Ecole Nationale Polytechnique

<b>ECHELLE</b> 1:20		<b>DATE</b> 13/07/2024	<b>TITRE</b>
<b>Matériau</b> Aluminium	<b>Dept. Génie Mécanique</b>	<b>Porte avant</b>	
<b>Nom</b> KERROUM		<b>Dessin Num.</b>	<b>01</b>
<b>Promoteur</b> BENBRAIKA			



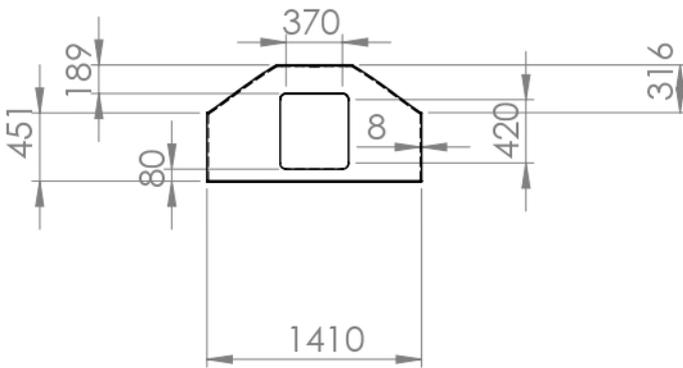
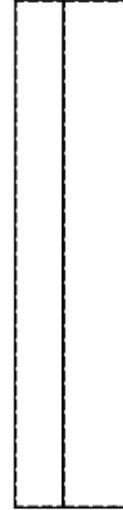
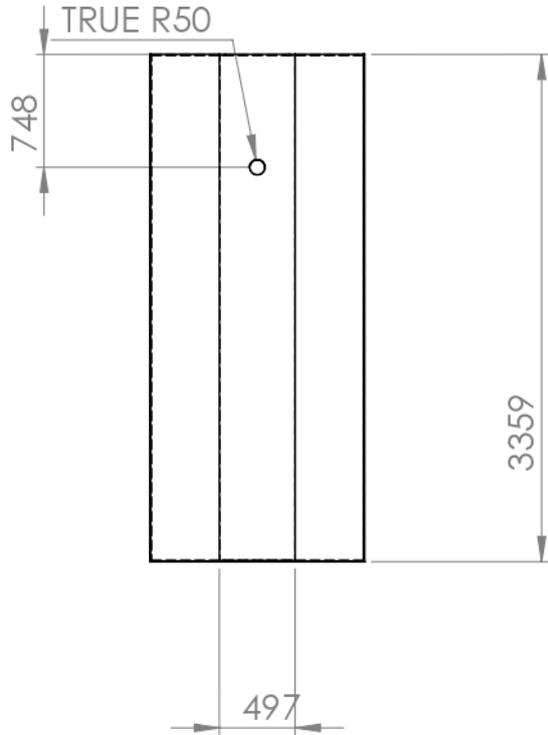
# Ecole Nationale Polytechnique

ECHELLE 1:30		☐	DATE 13/07/2024	TITRE	
Matériau	Aluminium	Dept. Génie Mécanique		Panier	
Nom	KERROUM			Dessin Num.	02
Promoteur	BENBRAIKA				



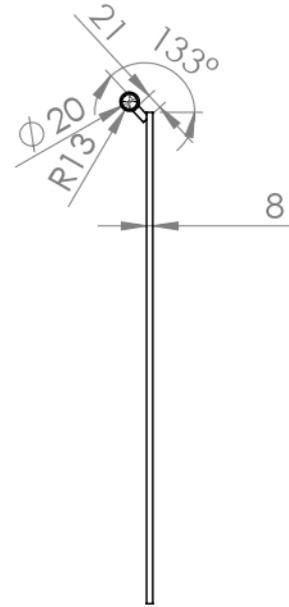
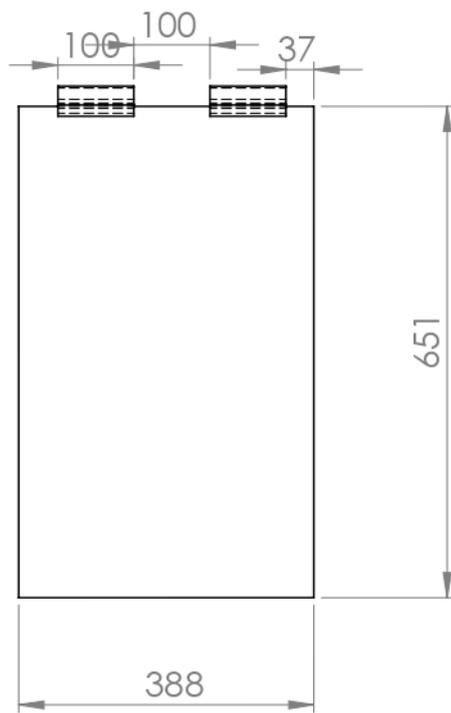
# Ecole Nationale Polytechnique

<b>ECHELLE</b> 1:20	⚙️	<b>DATE</b> 13/07/2024	<b>TITRE</b>
<b>Matériau</b> Aluminium	Dept. Génie Mécanique	Bac	
<b>Nom</b> KERROUM		Dessin Num.	03
<b>Promoteur</b> BENBRAIKA			



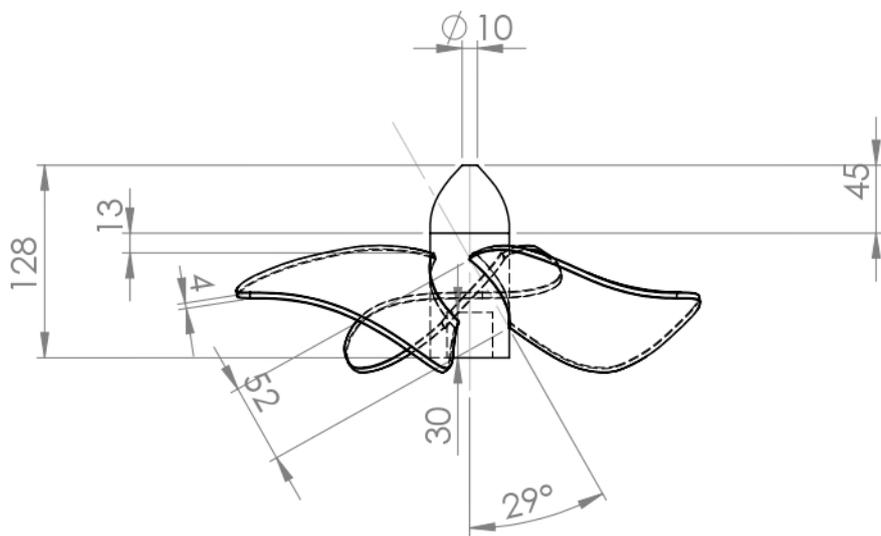
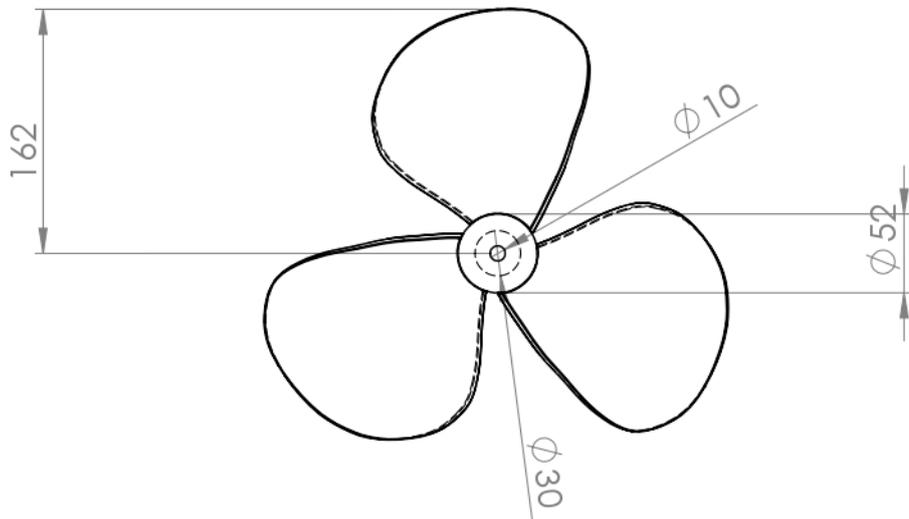
# Ecole Nationale Polytechnique

<b>ECHELLE</b> 1: 50		<b>DATE</b> 13/07/2024	<b>TITRE</b> Réservoir des hydrocarbures
<b>Matériau</b> Aluminium	<b>Dept. Génie Mécanique</b>		
<b>Nom</b> KERROUM			
<b>Promoteur</b> BENBRAIKA			<b>Dessin Num.</b> 04



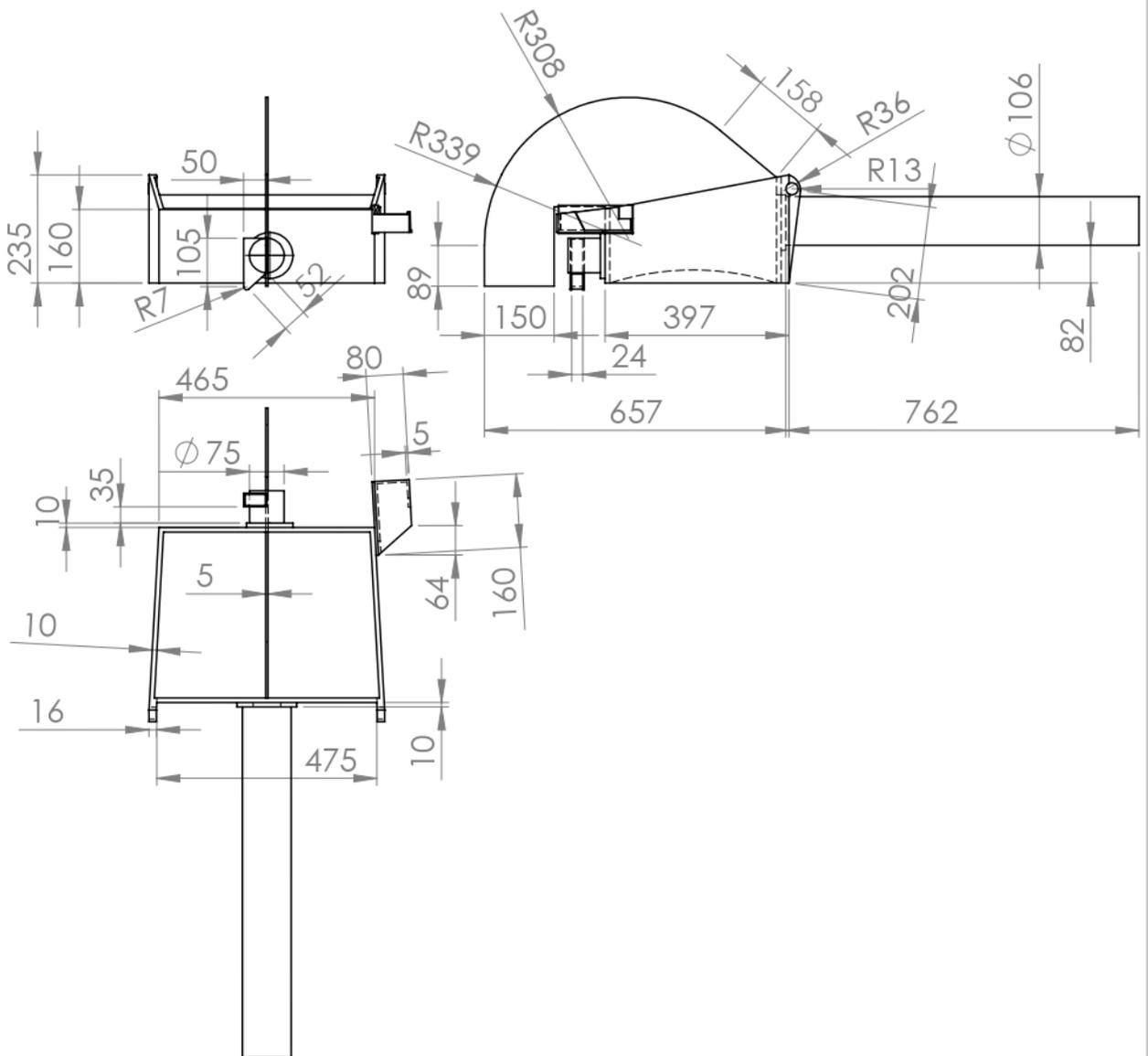
# Ecole Nationale Polytechnique

<b>ECHELLE</b> 1:10		<b>DATE</b> 13/07/2024	<b>TITRE</b>
<b>Matériau</b> Aluminium	<b>Dept. Génie Mécanique</b>	<b>Porte arrière</b>	
<b>Nom</b> KERROUM		<b>Dessin Num.</b>	<b>05</b>
<b>Promoteur</b> BENBRAIKA			



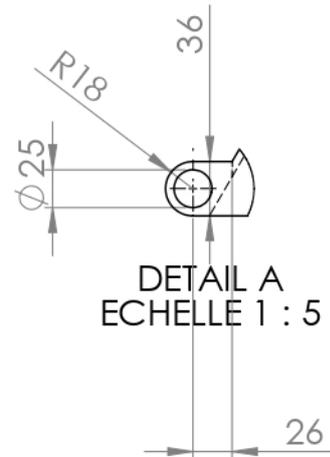
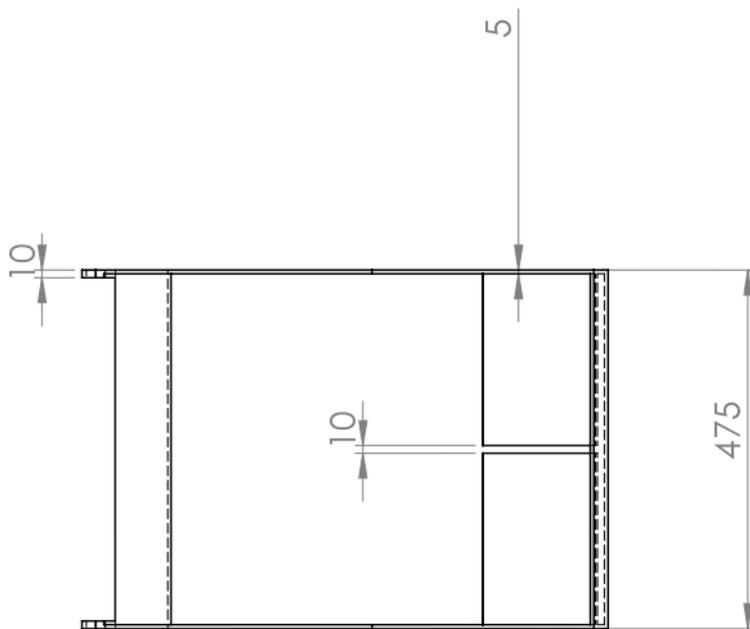
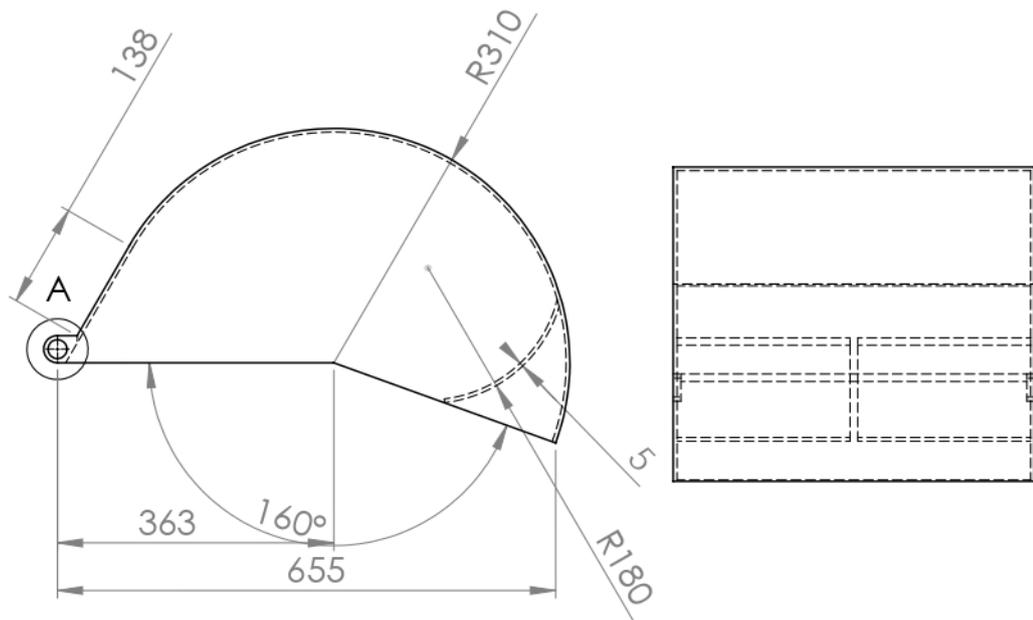
# Ecole Nationale Polytechnique

<b>ECHELLE</b>	1: 5		<b>DATE</b>	13/07/2024	<b>TITRE</b>	Hélice
<b>Matériau</b>	Aluminium	Dept. Génie Mécanique			<b>Dessin Num.</b>	
<b>Nom</b>	KERROUM					
<b>Promoteur</b>	BENBRAIKA					



# Ecole Nationale Polytechnique

<b>ECHELLE</b>	1:15		<b>DATE</b>	13/07/2024	<b>TITRE</b>	Gouvernail
<b>Matériau</b>	Aluminium	Dept. Génie Mécanique			<b>Dessin Num.</b>	
<b>Nom</b>	KERROUM					
<b>Promoteur</b>	BENBRAIKA					



# Ecole Nationale Polytechnique

<b>ECHELLE</b> 1:10		<b>DATE</b> 13/07/2024	<b>TITRE</b>
<b>Matériau</b> Aluminium	Dept. Génie Mécanique	Godet	
<b>Nom</b> KERROUM		<b>Dessin Num.</b>	
<b>Promoteur</b> BENBRAIKA		08	