



HAL
open science

Étude d'un projet technique et architectural : conception d'un ponton-grue

Marine Auzende

► **To cite this version:**

Marine Auzende. Étude d'un projet technique et architectural : conception d'un ponton-grue. Matériaux et structures en mécanique [physics.class-ph]. 2015. dumas-01291445

HAL Id: dumas-01291445

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01291445>

Submitted on 21 Mar 2016

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET METIERS

CENTRE REGIONAL ASSOCIE DE AIX EN PROVENCE

MEMOIRE

présenté en vue d'obtenir

le DIPLOME D'INGENIEUR CNAM

SPECIALITE : Mécanique

OPTION : Structures - Process

par

Marine AUZENDE

Étude d'un projet technique et architectural : Conception d'un ponton-grue

Soutenu le 22 juin 2015

JURY

PRESIDENT : Monsieur Georges VENIZELOS

**MEMBRES : Monsieur Yannick KNAPP
Monsieur François MALBURET
Monsieur Jean COLOMBON
Monsieur Hubert REYMOND**

Remerciements

Avant toute chose, je souhaite remercier Hubert et François, pour m'avoir donné l'opportunité de réaliser mon stage au sein de l'entreprise ANIE-2R. Merci pour leur confiance et pour avoir partagé une partie de leurs connaissances.

Je voudrais exprimer ma reconnaissance à mes professeurs ainsi qu'aux équipes des CNAM d'Aix en Provence, de Marseille, du Centre, et d'Orléans. Je remercie en particulier mon tuteur, monsieur Colombon, mon directeur de section, monsieur Knapp, et monsieur Malburet, pour leurs nombreux enseignements.

Un grand merci à tous ceux qui m'ont aidée, conseillée et qui m'ont apporté des connaissances supplémentaires pour enrichir mon projet (Véro et Éric, Gabrielle et Alain, Meïnone et Alain, Christine, Chantal, Michel et Jean-Mi).

Je voudrais profiter de l'occasion pour remercier mes amis pour leur présence, leur patience et pour m'avoir supportée, dans tous les sens du terme, au fil des années. Donc un immense merci à la Tribu, aux Filles, aux amis de Corse, aux Martines, à Spot, à Doudou, à Eva, à Jean-Claude, à Christian, et tous les autres.

Pour finir, je voudrais exprimer toute ma reconnaissance à ma famille pour leur amour et leur soutien sans faille. Merci du fond du cœur à Chantal et Robert, Téo, Nicolas, Adeline et Tibo, Josie et Nico, Lauriane, Bernie et Jean-Pierre, Rolande et tous les autres. Et surtout, merci à Joris d'être toujours là.

Liste des abréviations

Abréviation	Signification
ANIE-2R	Architecture Navale Ingénierie Expertise Rose Reymond
B.V.	Bureau Veritas
CdC	Cahier des charges
CdG	Centre de gravité
C.I.F.B.	Certificat international de franc-bord
C.M.U.	Charge maximale d'utilisation
E.M.E.	Éléments du milieu extérieur
F.C.	Fonction contrainte
F.P.	Fonction principale
F.P.O.	French Plan Office
I.F.A.N.	Institut Français des Architectes Navals
P.M.E.	Petite Moyenne Entreprise
P.M.R.	Personne à mobilité réduite
O.M.I.	Organisation maritime internationale

Glossaire

Terme	Définition
Assiette	Inclinaison longitudinale du navire par rapport à l'horizontale.
Ballast	Quantité d'eau qui est utilisée comme contre-poids.
Bollard	Équipement, souvent cylindrique, utilisé pour l'amarage des navires.
Carène liquide	Volume d'eau dont la position du centre de gravité varie et peut augmenter les effets de gîte du navire.
Charge en pontée	Masse d'équipement (ou autre) qui peut être chargée sur le ponton.
Déplacement	Masse du navire, généralement exprimée en tonnes. le déplacement peut être prévisionnel, lège (à vide), pleine charge (au plus lourd).
Écubier	Boite ou compartiment de stockage et de protection des ancres et des chaînes.
Élingue	Câble utilisé pour la manutention de charges.
Franc-bord	Hauteur de coque au dessus de l'eau.
Garde-corps et filière	Équipements positionnés au bord du pont pour empêcher l'équipage de tomber à l'eau.
Gîte	Inclinaison transversale du navire par rapport à l'horizontale.

Suite sur la page suivante

Terme	Définition
Gousset	Plaque métallique triangulaire qui permet la liaison et la bonne transmission des efforts entre deux raidisseurs alignés.
Livet	Ligne de liaison entre la coque et le pont.
Muraille	Nom donné aux parties latérales de la coque du bateau.
Perméabilité	Ici exprimée en %, capacité d'un milieu (coque, compartiment) à pouvoir être rempli d'eau.
Tirant d'eau	Profondeur du bateau immergée dans l'eau.

Table des matières

Remerciements	i
Liste des abréviations	ii
Glossaire	iii
Introduction	1
I Phase préparatoire	3
1 Initialisation du projet	4
1.1 Informations préliminaires	4
1.2 Études réalisées	6
1.3 Dossier de décision	17
2 Éléments contractuels et réglementaires	20
2.1 Réponse à l'appel d'offre	20
2.2 Aspects contractuels	26
2.3 Cadre réglementaire	30
3 Cadrage du projet	33
3.1 Considérations techniques	33
3.2 Considérations organisationnelles	41
3.3 Considérations économiques	52

II	Réalisation du projet	56
4	Établissement de l'avant projet	57
4.1	Généralités	57
4.2	Échantillonnage de la structure	58
4.3	Livrables	62
5	Conception des principaux équipements du projet	65
5.1	Éléments relatifs à la grue	65
5.2	Conception des pieux et des puits	67
5.3	Manipulation des pieux	70
6	L'étude de stabilité	75
6.1	Généralités	75
6.2	Éléments de l'étude	77
6.3	Dossier de stabilité du ponton	88
III	Phase de fin de projet	92
7	Validation	93
7.1	Approbation du client	93
7.2	Homologation du Bureau Veritas	95
7.3	Validation du responsable	98
8	Résultats	99
8.1	La définition du navire	99
8.2	L'homologation provisoire	104
8.3	Validation des objectifs	105
9	Capitalisation	107
9.1	Considérations organisationnelles	107
9.2	Considérations économiques	110
9.3	Considérations techniques	112

Conclusion	114
Annexes	116
Bibliographie	v
Liste des figures	ix
Liste des tableaux	x
Résumé	xi

Introduction

Les travaux présentés dans ce mémoire portent sur la conception d'un ponton grue et ont été réalisés au cours de la mission d'ingénieur de 6 mois qui conclut le cursus d'ingénieur en mécanique au CNAM et à l'EICNAM parcours Structures - Process. Cette mission a été effectuée au sein de l'entreprise d'architecture navale et d'expertise maritime ANIE-2R dans laquelle j'ai initialement été recrutée en 2010 comme dessinatrice-projeteuse.

L'architecture navale est la spécialité relative à la conception de tout ou partie d'un navire. L'objectif est de concevoir tout ce qui participe à la bonne marche du bateau. L'architecte naval est l'ingénieur qui définit la structure, et le designer qui harmonise le style et les aménagements du navire. L'expertise maritime a pour mission de constater l'état d'un bateau et de ses équipements, de vérifier sa conformité, et d'estimer son aptitude à naviguer et sa valeur.

Il a été convenu que je serai chargée du projet présenté ici, lequel diffère de ceux sur lesquels nous avons l'habitude de travailler. ANIE-2R conçoit principalement des bateaux de transport de passagers destinés à la navigation fluviale. Le projet décrit ici consiste en la conception d'un bateau de service commandé par une entreprise tunisienne et sous-traité au niveau conception et ingénierie par une seconde entreprise. Il s'agit ici d'un bateau de service produit à l'unité et non en série.

Ce mémoire présentera de manière chronologique le déroulement du projet dans toutes ses phases : de la réception de l'appel d'offre à la livraison du produit au client. Nous étudierons d'abord toutes les étapes qui ont précédé la réalisation technique du projet.

Nous présenterons ensuite les principaux éléments techniques. Enfin, nous terminerons par la validation du projet, ses résultats et conclurons sur les éléments qui peuvent être améliorés en vue des projets futurs.

Première partie

PHASE PRÉPARATOIRE

Sommaire

1	Initialisation du projet	4
1.1	Informations préliminaires	4
1.2	Études réalisées	6
1.3	Dossier de décision	17
2	Éléments contractuels et réglementaires	20
2.1	Réponse à l'appel d'offre	20
2.2	Aspects contractuels	26
2.3	Cadre réglementaire	30
3	Cadrage du projet	33
3.1	Considérations techniques	33
3.2	Considérations organisationnelles	41
3.3	Considérations économiques	52

Le travail présenté ici a pour objectif de décrire la démarche et les étapes qui ont précédé la réalisation technique du projet. Il s'agit de mettre en valeur le travail de recherche et de gestion du projet qui a été réalisé en amont afin d'anticiper et gérer au mieux la réalisation du projet.

Les éléments sont présentés dans l'ordre chronologique et la situation débute par la lecture de l'appel d'offre.

Les différentes étapes qui précèdent la réalisation technique sont les suivantes :

- Étude des éléments liés à l'appel d'offre et au contrat,
- Analyse des bénéfices pour l'entreprise à réaliser un tel projet en vue d'une réponse à l'appel d'offre,
- Mise au point d'une phase de cadrage qui doit définir, organiser et planifier la réalisation technique.

1 Initialisation du projet

Au cours de cette phase préparatoire, les informations disponibles dans l'appel d'offre seront étudiées en détail. Certaines études seront alors réalisées pour rassembler des données sur l'intérêt et les possibilités de l'entreprise à répondre à cet appel d'offre. À partir de toutes ces informations, une décision concernant la poursuite ou non du projet sera prise. L'objectif est de s'assurer qu'il est viable pour l'entreprise de se lancer dans la réalisation de ce projet.

1.1 Informations préliminaires

L'équipe de l'entreprise ANIE-2R est composée de 3 personnes dont la secrétaire de direction, le gérant, qui assume la position de directeur technique et moi-même. J'ai intégré l'entreprise en tant que dessinatrice projeteuse, et de par mes compétences, j'ai eu l'opportunité de participer à d'autres travaux. Avant la réalisation de ce projet, j'étais déjà responsable de la surveillance des appels d'offre. C'est ainsi que nous avons repéré celui passé par l'entreprise MEDCO.

1.1.1 Objet de l'appel d'offre

L'objet de ce projet concerne les travaux de conception d'un bateau. Il sera exploité par l'entreprise tunisienne SAROST. L'entreprise MEDCO, qui a été engagée comme maître d'ouvrage pour concevoir et fabriquer le ponton-grue, sous-traite les travaux d'ingénierie

et d'architecture navale concernant la conception du bateau.

Plusieurs caractéristiques concernant le navire figurent dans le cahier des charges de l'appel d'offre. Ce ponton sera utilisé pour réaliser des travaux en mer. Il est spécifié que le ponton sera équipé d'une grue et qu'il faut prévoir l'utilisation de ballast¹. Les autres caractéristiques techniques requises sont listées ci-dessous :

- Matériaux : Tôle marine grade A.
- Dimensions : (L x l x P) 45 m x 12 m x 2.50 m
- Résistance du pont : min 7 tonnes/m²
- Pieux : Trois de 20 m
- Ancres et chaines : Deux au minimum
- Classification : I HULL UNRESTRICTED NAVIGATION du Bureau Veritas², (ou équivalent).
- Lieu de Construction : Sfax ou autre port Tunisien.

Ces caractéristiques constituent le cahier des charges établi entre le client et le maître d'ouvrage. L'appel d'offre détaille les prestations qui devront être réalisées. Les délais stipulés par le client sont dans l'appel d'offre. Il prévoit 1 mois de travail pour la production de l'avant projet. À compter de la réception de la réponse du bureau de contrôle en charge du dossier, le prestataire disposera de 3 mois pour rendre le reste du projet. Des pénalités de retard seront appliquées en cas de non respect des délais. L'appel d'offre se clôture le 1^{er} décembre 2012.

1.1.2 Premières considérations

Plusieurs arguments semblent être en faveur d'une réponse à cet appel d'offre.

En premier lieu, nous constatons que le projet concerne exclusivement les travaux de conception.

De plus, il s'agit d'un bateau neuf. Ce type de projet est plus intéressant que la

1. Voir glossaire

2. B.V. dans la suite de ce document

réhabilitation ou l'aménagement d'un bateau déjà existant. Dans ces cas-là, nous ne disposons que rarement des informations et des plans nécessaires, ce qui complique la tâche.

Après une rapide concertation avec mon employeur, nous décidons d'étudier cette proposition plus en détail. Étant chargée de ce projet, je dispose d'une semaine pour rassembler un maximum d'informations, réaliser les études nécessaires et monter un dossier de décision qui sera remis au responsable de l'entreprise.

1.2 Études réalisées

Plusieurs études vont nous permettre d'identifier les avantages et les inconvénients liés à la réalisation de ce projet pour déterminer son bénéfice pour l'entreprise.

1.2.1 Étude d'opportunité

La première étape du projet est la réalisation d'une étude d'opportunité. Elle permettra d'évaluer le bien-fondé de cette réalisation et de déterminer le périmètre du projet. Pour ce faire, 3 éléments sont étudiés :

- les acteurs,
- les objectifs,
- les enjeux.

1.2.1.1 Acteurs

Le tableau associe les différents acteurs du projet, leur rôle et leurs responsabilités.

TABLEAU III – Acteurs du projet

Acteur	Rôle	Responsabilités
SAROST (client)	Commanditaire	Financement et prise de décisions, exploitation du bateau
MEDCO (mandataire)	Maître d'ouvrage	Liaison entre le client et le sous-traitant, construction du navire
ANIE-2R (prestataire)	Maître d'œuvre	Conception du bateau, production des documents de définition
BUREAU VERITAS (expert)	Bureau de contrôle	Étude et approbation du projet

1.2.1.2 Objectifs

Nous distinguons 4 objectifs pour ce projet :

- La conception du navire
- La production des livrables,
- L'obtention de l'homologation du ponton
- Le respect des délais et des coûts

1.2.1.3 Enjeux

Les principaux enjeux sont au nombre de trois.

- Le premier est financier. L'entreprise travaille chaque année sur quelques projets d'architecture navale, le reste de son activité étant l'expertise maritime. Un tel projet représente une part de revenus importants pour l'entreprise.
- Le projet consiste en la conception d'un bateau de service. L'entreprise travaille principalement sur des bateaux à passagers, et n'a pas travaillé sur un projet de ce type depuis plusieurs années. En réalisant ce projet, l'entreprise pourrait accéder à un nouveau marché.

- Le milieu de l’architecture navale est un secteur où professionnels et clients ne sont pas pléthore. À chaque projet, nous engageons la réputation et l’image de l’entreprise auprès de nos pairs et de nos clients. Une erreur pourrait avoir des conséquences néfastes.

L’ensemble de ces informations pose le cadre général de ce projet. Nous avons identifié des objectifs rigoureux et des enjeux importants. Jusqu’ici, aucun élément ne s’oppose à la poursuite du projet.

1.2.2 Étude du marché

L’objectif est d’identifier et d’évaluer le marché auquel l’entreprise aura à se confronter au travers de ce projet.

À l’heure actuelle, il y a déjà un grand nombre de bateaux utilisés pour réaliser des travaux en mer. Cependant, la majorité de ces navires sont anciens et souvent vétustes. Les commandes concernant des travaux de conception de bateaux neufs ne sont pas encore très nombreuses. Mais à cause de l’évolution continue des réglementations, la plupart des navires ne pourront bientôt plus être exploités à moins d’être remis en conformité. Or, la rénovation peut se révéler onéreuse, et il peut s’avérer aussi rentable de construire un bateau neuf.

Pour cette raison, il apparaît que le marché des études de conception de bateaux de service neufs est prometteur. Nous l’identifions comme un enjeu majeur et un secteur qui sera très attractif dans le futur.

Cela constitue donc un second élément favorable à la réalisation de ce projet.

1.2.3 Étude de faisabilité

L’étude de faisabilité s’oriente autour de deux axes : la vérification de la viabilité économique du projet et de la faisabilité technique.

1.2.3.1 Viabilité économique du projet pour l'entreprise

Nous devons déterminer un prix de vente minimal pour garantir la rentabilité du projet pour l'entreprise. À partir de l'estimation des charges, le montant des bénéfices que l'on peut attendre pourra être déterminé. Pour ce faire, il est nécessaire d'établir une estimation de la durée des tâches.

- **Estimation globale de la durée des tâches**

Il faut estimer la durée du travail à fournir pour la réalisation de ce projet. L'évaluation de la durée des tâches est faite indépendamment pour chacun des employés qui interviendront sur le projet.

TABLEAU IV – Estimation de la durée des tâches

Personnel	Tâches	Durée estimée (h)
Gérant	Réunions de concertation Vérifications, validation Visites en Tunisie	150
Secrétaire	Tâches administratives Correction des documents	50
Chargée de projet	Gestion de projet Réalisation du projet technique Réunions de concertation Communication, modifications et mises à jour	840

À partir du temps de travail de chacun des employés, on peut faire une estimation des charges engendrées par la réalisation du projet.

- **Estimation générale des charges**

Le prix de la réalisation du projet est estimé aussi précisément que possible. Le calcul des charges salariales est fonction de la rémunération horaire de chaque employé.

Les estimations des charges figurent dans le tableau V.

TABLEAU V – Estimation des charges

	Charges directes	Coûts	Charges Indirectes	Coûts
Charges variables	Charges Opérationnelles : - Salaires - Visites	70% 8%	Charges Variables non spécifiques : - Fournitures	1%
Charges fixes	Charges Fixes Spécifiques :		Charges de structure : - Locaux et charges - Amortissement des inves- tissements - Charges fiscales	12% 1% 8%
Total	Coût direct	78%	Coût indirect	22%

La figure 1 ci-après représente cette répartition.

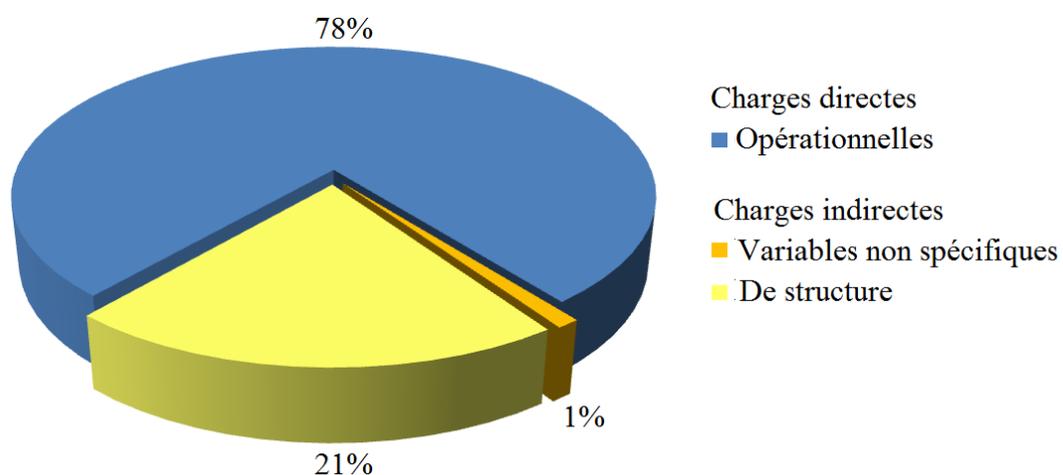


FIGURE 1 – Répartition des charges

Nous disposons d'une première estimation du montant des frais engendrés par la réalisation du projet. Le montant des bénéfices peut désormais être calculé en fonction du prix de vente.

- **Prix de vente minimal**

Nous devons chiffrer un prix de vente. L'objectif est de trouver le meilleur compromis entre des bénéfices satisfaisants et un prix de vente suffisamment attractif pour bien se positionner pour cet appel d'offre face à la concurrence.

Une proposition de prix de vente acceptable est fixée à environ 130% du montant des charges.

La réponse à l'appel d'offre sera évaluée sur deux aspects principaux : l'aspect technique et le montant de l'offre financière. Si le projet ne nécessite pas d'innovation technique ou de matériel de pointe, si les solutions techniques sont courantes, alors il est probable que la proposition financière la plus basse emportera le contrat.

1.2.3.2 Faisabilité technique

Cette étude doit vérifier que nous possédons les compétences nécessaires ou que nous ne rencontrerons pas de difficulté majeure. Il faut avant tout identifier les éléments techniques à prendre en compte, vérifier la possibilité de mettre en œuvre ces éléments, puis évaluer les difficultés que l'on pourrait être amené à rencontrer en réalisant ce projet.

- **Identification des éléments techniques**

À partir des informations fournies dans le cahier des charges de l'appel d'offre, la liste des principaux éléments techniques à prendre en compte est établie.

La navigation maritime

Elle est soumise à une réglementation spécifique. Elle prend en compte l'impact des vents et des vagues, ainsi que l'influence de l'air marin, qui provoquera une corrosion et une usure accélérées.

L'utilisation de ballast

Elle représente un poids supplémentaire qui sera soumis à l'effet de carène liquide³. La structure et la stabilité seront impactées. Il faudra aussi prévenir la corrosion des

3. Voir glossaire

compartiments concernés.

L'utilisation de la grue

Elle engendre plusieurs considérations. Il faut prendre en compte sa masse propre, sa charge, ainsi que la charge en pontée, constituée des gravats ou autres matériels que le ponton pourra transporter. Ces différentes masses influenceront sur la structure et la stabilité. La présence de la grue est soumise à une réglementation spécifique. La répartition des masses sur le ponton devra être étudiée. Enfin, le pont devra être protégé des chenilles de la grue.

Le système de pieux

Les pieux devront maintenir le ponton en appui sur le fond. Ils devront supporter le ponton dans les conditions les plus défavorables. Il faudra déterminer leur répartition sur le ponton, ainsi que les conditions d'utilisation. Il faudra choisir une solution technique concernant la manipulation des pieux.

À partir de ces éléments, une première analyse est établie :

- **Analyse du cahier des charges**

Le tableau VI résume les éléments identifiés à partir du cahier des charges du client. Il doit permettre d'avoir une vue d'ensemble du projet.

TABLEAU VI – Considérations techniques initiales

Caractéristiques	Considérations	Détails
Navigation maritime	Influence sur la stabilité	Réglementation spécifique
	Influence sur la structure	Prise en compte du vent et des courants, influence sur l'échantillonnage
Bateau de service	Design du navire	Style et formes simples, organisation de la circulation dans le ponton
	Aménagement magasin	Dimensionnement de la superstructure d'accès au magasin
Suite sur la page suivante		

Tableau VI – Suite de la page précédente

Caractéristiques	Considérations	Détails
	Caractéristiques sécuritaires	Réglementations spécifiques
Utilisation de ballast	Influence sur la stabilité Influence sur la structure	Influence sur les cas de chargement, prise en compte des carènes liquides Augmentation des charges associées, influence sur l'échantillonnage
Utilisation d'une grue	Influence sur la stabilité Influence sur la structure	Règlementation spécifique, influence sur les cas de chargement Répartition de la charge, prise en compte du poinçonnement, habillage du pont
Charge maximale	Influence sur la structure	Vérification que la charge contractuelle est bien estimée en fonction du besoin
Pieux	Nouveauté technique	Vérification que les caractéristiques contractuelles sont adaptées, choix de solutions techniques, dimensionnement des systèmes de pieux et de manipulation des pieux
Dimensions	Influence sur la structure	Échantillonnage de la structure en fonction des dimensions générales
Matériau	Influence sur la structure	Caractéristiques du matériau à prendre en compte, spécifications des soudures à définir

Nous pouvons alors vérifier la faisabilité technique de chacune des considérations mentionnées.

- **Vérification de la faisabilité technique**

Aucune difficulté technique potentielle n'a été décelée au travers de cette étude. Les considérations liées à la structure seront prises en compte dès le dimensionnement. Les éléments influant sur la stabilité seront soumis à la réglementation.

La réalisation d'un système de pieux est le seul élément que nous n'avons jamais mis en œuvre auparavant. Mais, d'un point de vue technique, des solutions simples peuvent être envisagées, qui ne devraient pas représenter de difficulté majeure.

Nous considérons que le projet sera réalisable d'un point de vue technique.

Les 3 études qui ont été réalisées révèlent la faisabilité de ce projet, ainsi que des atouts liés à sa réalisation, dont notamment un intérêt stratégique. Ces premières vérifications doivent être complétées par des études complémentaires qui visent à identifier les impacts et les risques pour l'entreprise.

1.2.4 Impacts

Cette étude concerne l'influence qu'aura ce projet sur l'organisation de l'entreprise. En effet, en raison de la nouveauté qu'apporte ce projet, il nous faut anticiper les difficultés que sa réalisation pourrait engendrer sur le fonctionnement habituel de l'entreprise.

1.2.4.1 Métier

Les considérations liées aux impacts métier doivent évaluer dans quelle mesure nous devons adapter notre travail classique pour la réalisation de ce projet. L'impact métier pour l'entreprise est moindre car il s'agit là de l'activité classique de notre bureau qui est spécialisé dans l'architecture navale.

1.2.4.2 Organisationnel

Les impacts organisationnels sont les différences imposées à l'organisation classique de notre travail à cause de la réalisation de ce projet. Nous avons convenu avec le gérant de l'entreprise, qu'ayant la responsabilité de ce projet, je m'y consacrerai exclusivement. Je serai donc moins disponible pour les travaux qui sont habituellement de ma responsabilité au sein d'ANIE-2R.

1.2.4.3 Transverse

Les impacts transverses représentent les conséquences qu’aura ce projet pour les autres employés de l’entreprise. Pour le secrétariat, on prend en compte l’ouverture de dossiers, l’ajout de comptes bancaires, etc.. Mais l’impact le plus important concerne l’utilisation du logiciel de stabilité. En effet, celui-ci ne peut être utilisé sur deux postes simultanément, ce qui signifie qu’il sera indisponible pour les autres employés lors de l’étude de stabilité du ponton. Cependant, cette situation est courante, et ne posera pas de nouvelle difficulté au fonctionnement au quotidien. Les impacts transverses seront minimales.

Les conséquences pour l’entreprise engendrées par la réalisation de ce projet semblent tout à fait acceptables. Il sera cependant conseillé de ne pas s’engager sur d’autres travaux d’architecture navale durant la réalisation de ce projet.

1.2.5 Analyse des risques

1.2.5.1 Risques généraux

Nous souhaitons évaluer les risques que l’entreprise encourra si ce projet est réalisé. Cinq axes principaux sont identifiés pour évaluer les risques d’un projet :

- La dimension du projet,
- Les difficultés techniques,
- Le degré d’intégration du projet,
- L’étendue du changement de métier,
- La stabilité de l’équipe projet.

Le tableau VII définit ces considérations, ainsi que leur évaluation pour notre situation.

TABLEAU VII – Évaluation des risques

Axe	Considération	Estimation du risque	Justification
Dimension du projet	Importance économique Caractéristiques de l'entreprise	Élevé	Ce projet représente une part non négligeable des revenus annuels de l'entreprise Un tel contrat pour notre entreprise est important d'un point de vue économique
Difficultés techniques	Évaluation des difficultés techniques et des innovations	Faible	Présence de nouveautés Éléments techniques abordables pour un bureau d'étude
Degré d'intégration	Organisation nécessaire pour une réalisation efficace	Faible	Tâches non simultanées
Étendue du changement de métier	Estimation du besoin d'adaptation à de nouvelles tâches	Très faible	Le projet concerne notre activité classique d'architecture navale
Stabilité de l'équipe	Risques liés à des mouvements de personnel	Faible	Équipe de réalisation réduite Engagement personnel à la réalisation du projet

En termes de management de projet, les risques évalués sont faibles à l'exception de la dimension économique du projet.

1.2.5.2 Risque spécifique

Un risque spécifique lié à l'aspect économique du projet a été identifié. Il est considéré comme étant élevé. En effet, tout contrat de ce type comporte des pénalités financières en cas de retard de livraison du produit. Or, si le prix de vente et le retour sur inves-

tissement⁴ envisagés ne sont pas excessifs, des pénalités de retard pourraient rapidement annuler les bénéfices attendus.

De plus, une mauvaise estimation du temps de travail est l'une des principales causes de problème dans ce type de projet. Si nous venons à être confrontés à des difficultés, nous pourrions prendre du retard. Les conséquences générées par ce risque seront étudiées plus avant lors de la phase de cadrage si le projet se poursuit.

Les risques généraux sont acceptables même si le risque financier est important. Beaucoup de moyens sont à notre disposition afin de minimiser ce risque en gérant au mieux le déroulement du projet pour respecter les délais.

L'ensemble des informations recueillies jusqu'ici est favorable à la réalisation du projet. Les analyses mettent en évidence que le principal risque pour l'entreprise est économique. Tous les éléments sont en faveur d'une réponse à cet appel d'offre. Ces conclusions seront présentées au travers d'un dossier de décision.

1.3 Dossier de décision

Le dossier de décision est le support qui présente au responsable de l'entreprise les informations qui lui permettront de décider si l'on répond à l'appel d'offre. Ce dossier figure en annexe A.

Nous décrirons les principales caractéristiques d'un dossier de décision.

1.3.1 Objectif

Le dossier de décision doit présenter le travail qui a été réalisé jusqu'ici. Il est établi par le responsable du projet et destiné au décisionnaire de l'entreprise. Il doit être suffisamment complet pour apporter toutes les informations qu'on a pu obtenir. Il doit aussi faire ressortir les éléments importants de manière concise.

4. Retour sur investissement, acronyme de l'expression anglophone Return On Investment, R.O.I. dans la suite de ce document

Il présente aussi les conclusions du chargé de projet : analyse, recommandations, avis de poursuite ou non du projet.

1.3.2 Contenu

Le dossier remis au responsable de l'entreprise présente :

- Les principales spécificités de l'appel d'offre,
- Le périmètre du projet,
- Les études qui ont été réalisées pour vérifier la viabilité du projet,
- La synthèse des principaux éléments et des recommandations à prendre en compte,
- Les conclusions qui doivent permettre la prise de décision pour la réalisation du projet.

L'appel d'offre et le cahier des charges ont été analysés pour lister les caractéristiques spécifiées par le client. Le périmètre du projet est lui-même identifié à partir des informations fournies par l'appel d'offre.

1.3.3 Synthèse

Voici la liste des considérations les plus importantes :

- L'**objet** de l'appel d'offre est la définition des caractéristiques du navire et la production des documents qui le présente. Ces documents seront soumis à l'approbation du bureau de contrôle. La réalisation ne sera pas terminée tant que cette approbation ne sera pas obtenue.
- L'un des **enjeux** est très attractif : l'accès au marché des bateaux de service. Le secteur est stable et prometteur. Les enjeux pour l'avenir de l'entreprise prédominent et cet argument à lui seul mérite que l'on se lance dans ce projet.
- L'étude des aspects techniques n'a permis d'identifier aucune **difficulté** technique majeure.
- Le principal **risque** est l'enjeu financier. Plusieurs éléments pourront amener à la réduction des bénéfices engendrés par le projet, dont le non respect des délais imposés par le maître d'ouvrage.

L'ensemble des informations recueillies jusqu'ici ne met pas en lumière d'élément défavorable à la réalisation du projet. L'avis que j'ai émis est en faveur d'une réponse à cet appel d'offre.

1.3.4 Recommandations

Les recommandations présentent les éléments stratégiques qui sont ressortis au fil des études.

En tant que chargée de projet, je me consacrerai pleinement à la réalisation de ce projet. Je ne serai que peu disponible pour les autres travaux que je réalise habituellement au sein de l'entreprise.

Si nous décidons de répondre à cet appel d'offre, il conviendra de choisir avec soin les éléments à mettre en avant dans notre proposition. Il faudra valoriser d'autres arguments que le seul aspect technique.

La proposition concernant le montant de l'offre est minimale. C'est une proposition risquée en termes de bénéfices financiers. Cependant, c'est une position qui devrait augmenter nos chances d'obtenir le contrat.

On privilégiera la gestion de projet pour qu'aucun retard ne soit pris. Une attention particulière sera accordée à la mise à jour du planning. On consultera régulièrement le client et l'organisme de contrôle afin de s'assurer un avancement satisfaisant du projet.

1.3.5 Décision

Nous avons conclu que les risques identifiés sont acceptables bien que le risque économique soit important. Mais ce risque existe pour chacun des projets que nous réalisons, nous ne pouvons pas l'éviter. En revanche, les avantages apportés par l'accès à un nouveau marché sont très attrayants. D'autant plus que le marché des bateaux de service, actuellement stagnant, devrait considérablement s'intensifier à l'avenir. En conséquence, nous décidons que l'enjeu est suffisamment important pour que nous répondions à cet appel d'offre.

2 Éléments contractuels et réglementaires

2.1 Réponse à l'appel d'offre

Le dossier de réponse à l'appel d'offre figure en annexe B. Cependant, certaines informations sensibles ont été retirées du dossier afin de respecter les besoins de confidentialité de l'entreprise et de son client.

2.1.1 Informations générales

2.1.1.1 Principe

Plusieurs éléments figurent généralement dans ce dossier :

- La présentation de l'entreprise et les documents administratifs,
- La présentation globale du projet dont les données techniques et les solutions préconisées,
- L'offre financière.

Le dossier de réponse développera principalement la candidature de l'entreprise et les considérations techniques liées au projet. Ces deux axes seront présentés ci-après.

2.1.1.2 Ligne de conduite

Pour remporter cet appel d'offre, une ligne de conduite générale est établie pour valoriser nos choix.

Dans le cas de ce navire, l'un de nos principaux objectifs sera la réduction des frais de fabrication. Pour ce faire, nous privilégierons notamment les solutions techniques simples et économiques. Par exemple, nous prévoyons d'utiliser des raidisseurs plats pour la struc-

ture car ils sont plus faciles à peindre et donc à entretenir.

La sécurité de l'équipage sera aussi une considération primordiale. Certaines propositions seront faites dans cette optique. Par exemple, on propose d'arrimer la grue pendant l'exploitation.

Nous montrons, au travers de ces considérations, que nous sommes non seulement aptes à réaliser ce projet, mais aussi que notre offre sera avantageuse d'un point de vue économique.

2.1.2 Candidature

Le dossier de candidature doit présenter l'entreprise sous tous les aspects officiels, mais surtout, il doit montrer qui nous sommes et ce dont nous sommes capables. Les documents fournis doivent montrer la fiabilité de l'entreprise et les compétences de ses employés. Celui que nous avons fait parvenir dans notre réponse à cet appel d'offre présente les informations suivantes :

- Les informations officielles d'identification de l'entreprise,
- La présentation de l'activité de l'entreprise,
- Les moyens de production de l'entreprise.

Un certain nombre de documents administratifs accompagnent notre réponse à l'appel d'offre. Nous apportons toutes les informations légales et les coordonnées de l'entreprise.

2.1.2.1 Principaux atouts de l'entreprise

Dans le dossier de présentation de l'entreprise, on met en avant certains arguments :

- Nous travaillons depuis des années sur des projets d'architecture navale, nous avons une grande expérience dans ce domaine. La conception d'un navire, qui est l'objet de cet appel d'offre, correspond exactement à l'activité de notre entreprise.
- Nous avons travaillé sur des types de bateaux et de projets très variés (navigations maritime et fluviale, établissement flottant recevant du public soumis aux normes

d'accessibilité P.M.R.¹, projets innovants pour la conception de bateaux à propulsion hybride et respectueux de l'environnement, etc.).

- Nous disposons de tout le matériel nécessaire à la réalisation des travaux d'architecture navale (logiciel de modélisation de bateaux en 3D, logiciel d'étude de la stabilité, matériel pour la réalisation d'expérience de stabilité, etc.)
- Notre entreprise présente les avantages d'une P.M.E. : savoir-faire spécifique et pointu, souplesse d'adaptation, absence de formalités administratives contraignantes comme dans certaines grandes entreprises, etc...

Ces informations doivent mettre en valeur l'expérience, les connaissances, les compétences et les moyens dont l'entreprise dispose.

2.1.2.2 Organisation de l'entreprise et du travail

Afin de réaliser ce projet dans les meilleures conditions, notre entreprise met en place une politique de gestion de projet. Nous suivons une méthodologie stricte qui permet une organisation cohérente du travail. Nous proposons donc en premier lieu une phase de cadrage du projet afin de bien cerner le travail à accomplir. Nous réalisons ensuite l'avant projet, qui définit les caractéristiques principales du navire afin de poursuivre le projet sur des bases saines. Cette démarche nous paraît indispensable pour assurer le bon déroulement du projet.

On met en place une méthodologie pour organiser et planifier la réalisation :

- La gestion et la mise à jour d'un planning fourni au client dès la réponse à l'appel d'offre,
- L'organisation hebdomadaire de réunions,
- La consultation régulière du client ainsi que celle du bureau de contrôle pour les informer du suivi. Ces dates de consultation seront fixées avec le planning.

Nous assurons, grâce à ces démarches, une bonne progression de la réalisation, ce dans le respect des exigences réglementaires et des délais.

1. P.M.R. : personne à mobilité réduite

Après avoir présenté la candidature de l'entreprise, les propositions techniques et financières seront développées.

2.1.3 Aspects techniques

La notice technique doit présenter toutes les considérations liées au projet technique et à sa réalisation. Elle doit être adaptée à chaque offre et à chaque projet. Cependant, il existe une trame générale.

En premier lieu, nous présenterons les moyens mis à disposition du projet. Ensuite, nous mettrons en avant la méthodologie et les solutions mises en œuvre afin d'assurer le bon déroulement de la réalisation et le respect des conditions générales posées par le client. Pour finir, il convient de valoriser notre proposition technique et de la justifier.

Avant même d'entamer la réalisation d'un projet, nous travaillerons sur ses caractéristiques techniques. Ici, une étude de faisabilité a été réalisée afin d'identifier les éléments figurant dans le cahier des charges. Et pour compléter les informations dont nous disposons, une analyse fonctionnelle sera réalisée pour approfondir les spécifications.

La notice technique doit détailler l'offre que nous proposons. C'est pour nous l'occasion de montrer que l'on a déjà identifié les principaux éléments et que nous avons choisi des solutions techniques adaptées. C'est notre seule occasion de défendre nos choix et leurs avantages.

2.1.3.1 Spécificités techniques

Les spécifications présentées ici sont celles que nous avons mises en avant dans notre réponse à l'appel d'offre.

Exigences réglementaires

La réglementation en vigueur pour le navire qui fait l'objet de ce contrat a d'ores et déjà été identifiée, ce qui permet de prendre connaissance des différents critères auxquels le navire sera soumis.

Style

Les formes du ponton-grue que nous proposons sont simples et fonctionnelles. Ce ponton-grue étant voué à la réalisation de travaux, on propose un style aussi épuré que possible qui résistera mieux à l'usure et au temps.

Répartition des éléments sur le ponton-grue

Avec tous les éléments à son bord, le ponton-grue devrait peser plus de 1000 tonnes. On devra donc répartir les différents poids de manière à assurer sa bonne flottabilité et sa stabilité.

La grue est positionnée à l'avant et circulera dans la zone de roulage. Les compartiments à ballast sont situés à l'arrière dans la coque (turquoise). On voit aussi la position des puits et des pieux à l'arrière du ponton.

Le schéma 2 illustre la répartition proposée.

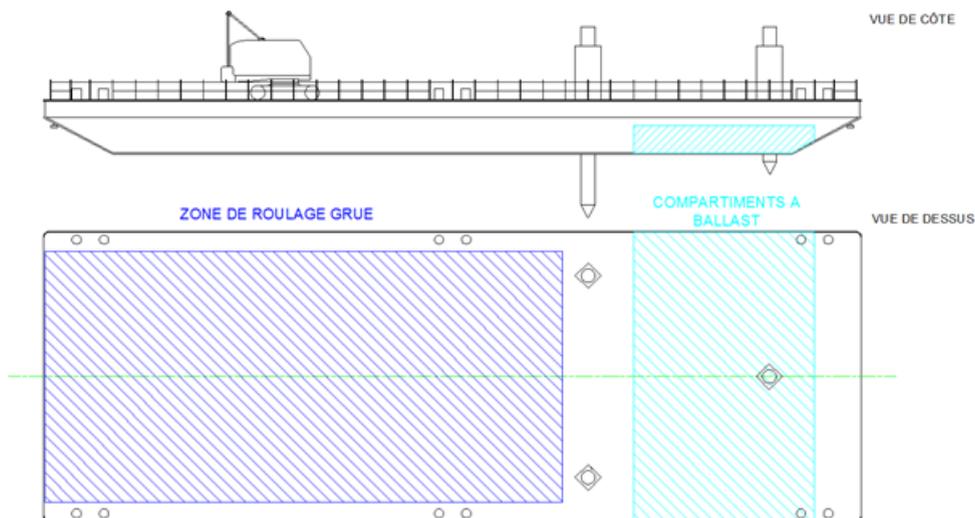


FIGURE 2 – Répartition des équipements

Utilisation de la grue

Pour assurer la sécurité de l'équipage pendant le transport et l'exploitation, on envisage l'installation d'un système de maintien en position de la grue.

Pour ralentir l'usure du pont sous l'influence de la grue et de ses chenilles, on prévoit de le protéger.

Utilisation de ballast

Nous préconisons la limitation de la quantité de ballast et l'installation d'un système de remplissage simple qui permettra aussi l'assèchement du navire. Une grande quantité de ballast diminuerait les autres charges à bord du navire afin de conserver les mêmes conditions de sécurité concernant la flottabilité et la stabilité. Ainsi, l'équilibrage de l'assiette du ponton pendant les travaux à l'aide du ballast est fortement déconseillé. Vouloir ajuster la quantité de ballast pendant l'exploitation du navire nécessiterait l'installation d'un système complexe et donc plus onéreux.

Puits et pieux

Les pieux doivent permettre le maintien en position du ponton-grue pendant l'exploitation. Les pieux seront guidés dans des puits qui traverseront le ponton de part en part. On propose que les pieux soient manipulés par un système de treuils, de poulies et d'élingues. Cette solution paraît avantageuse car moins chère qu'un système hydraulique.

Considérations structurelles

Afin de protéger le ponton en cas de voie d'eau et d'empêcher un envahissement en chaîne de tous les compartiments, nous prévoyons de mettre en place des compartiments étanches. Nous proposons 5 cloisons transversales étanches, ainsi que deux cloisons étanches longitudinales. Les premiers compartiments à l'étrave et la poupe seront isolés pour empêcher l'envahissement du ponton en cas de choc aux extrémités. En plus de ces cloisons étanches, nous répartirons des cloisons transversales non étanches (tous les 2,5 m). Cette disposition devrait favoriser la résistance longitudinale de la structure.

Plans

Le bureau d'étude d'architecture navale sera tenu de produire tous les plans nécessaires et suffisants à la définition du ponton. Pour ce projet, 4 plans sont joints à notre réponse à cet appel d'offre :

- L'esquisse,
- Le plan de répartition des éléments sur le ponton,

- Le plan de positionnement des cloisons,
- Le plan d'échantillonnage.

Ces plans figurent dans le dossier de réponse à l'appel d'offre en annexe B.

2.1.3.2 Variantes

Nous pouvons proposer d'autres solutions techniques à certaines des considérations identifiées :

- La protection du pont contre l'usure imposée par les chenilles de la grue pourrait être assurée par la mise en place d'un chemin de circulation ou par l'utilisation d'une tôle d'usure.
- La possibilité de prévoir un système de manipulation des pieux qui soit hydraulique est envisageable. Cela permettrait des manœuvres aisées, et aussi le maintien en position des pieux (en position haute ou basse).
- Le nombre de pieux pourrait être élevé à quatre au lieu de trois. Cela permettrait une répartition de deux pieux de chaque côté du ponton.

Par ailleurs, le montant de l'offre financière que nous avons joint à notre dossier s'élève à peu de choses près à celui prévu dans le dossier de décision.

Grâce à ce travail, nous avons décroché le contrat pour la réalisation de ce projet ! Nous aborderons désormais les éléments qui ont été établis dans le contrat.

2.2 Aspects contractuels

Suite à l'obtention de l'appel d'offre, un contrat a été signé entre le maître d'ouvrage MEDCO et le maître d'œuvre ANIE-2R. Ce document précise les engagements de chaque partie. Plusieurs de ces éléments contractuels définissent nos objectifs :

- La conception du navire nécessitera la réalisation de plusieurs études.
- La définition du navire sera publiée au travers des livrables.

- La réalisation du projet devra être terminée dans les délais imposés par le contrat.

Ces considérations ont été mises au point et acceptées par chaque partie afin de figurer dans le contrat. Nous les décrirons ci-après. Le dernier objectif qui concerne l’homologation du ponton sera étudié ultérieurement.

2.2.1 Les prestations

2.2.1.1 Les différentes études

Le contrat entre la société MEDCO et la société ANIE-2R a pour objet la réalisation des travaux d’ingénierie et d’architecture navale relatifs à la construction d’un ponton-grue. Les prestations contractuelles sont établies de manière précise.

Le contrat liste l’ensemble des études nécessaires à la conception du bateau, soit :

- Les études d’architecture navale,
- Les études de stabilité,
- Les études de structure,
- Les études de détail.

Il est cependant précisé dans le contrat que l’engagement du maître d’œuvre n’est pas strictement limité aux points listés ci-dessus. Le bureau d’étude s’engage à fournir tous les éléments nécessaires et suffisants à la définition de l’ouvrage. Cependant, cela n’entend pas la méthode de construction : cette mission ne relève pas de celle de l’architecte naval mais bien du chantier qui fabriquera le navire.

2.2.1.2 Échanges avec le bureau de contrôle

En plus de nos travaux d’architecture navale, la liaison avec le bureau de contrôle est de notre responsabilité.

En effet, l’approbation du ponton-grue doit, notamment, être délivrée par le bureau de contrôle en charge du projet. Afin de faciliter les échanges entre les différentes parties, il a été convenu avec le client de laisser au prestataire la responsabilité des relations avec

le bureau de contrôle.

Il a donc été décidé que le bureau d'étude serait l'intermédiaire entre le bureau de contrôle et le client. Cependant, les autres démarches pour l'obtention du permis de navigation du ponton-grue seront laissées à la charge du client : certaines doivent être faites auprès des autorités tunisiennes.

2.2.2 Coûts et délais contractuels

2.2.2.1 Délais

Les délais de réalisation du projet figuraient dans les conditions à prendre en compte dans l'appel d'offre. Ils n'ont pas fait l'objet de modifications dans le contrat.

Il est établi que le prestataire disposera de 30 jours calendaires, à compter de la signature, pour remettre l'avant projet au bureau de contrôle. Après la validation de l'avant projet, nous disposerons de 3 mois supplémentaires pour faire parvenir l'ensemble des documents contractuels au bureau de contrôle.

Il est à noter que nous ne disposons pas de la date de fin du projet : certains des éléments structurant l'avancement du projet ne peuvent être prédéfinis. On ne peut connaître les délais de traitement du dossier par le bureau de contrôle.

2.2.2.2 Honoraires

Le contrat établit les informations relatives aux honoraires du prestataire. Cela comprend sa rémunération, ainsi que les modalités de règlement (facturation et paiement).

Le contrat précise aussi le montant des pénalités de retard dans l'éventualité où les délais contractuels ne seraient pas respectés. Elles sont fixées à 5/1000^e du prix contractuel par jour de retard sur les délais prévus. Cependant, elles sont plafonnées à 10% du prix des honoraires. Comme nous l'avons dit, ces pénalités sont à l'origine du risque économique et nous établirons les conséquences financières pour l'entreprise en fonction du retard.

2.2.3 Livrables

Les livrables sont les documents contractuels que nous devons réaliser pour le client. Il est très important de les identifier dès le début du projet. Notre objectif est la définition du navire au travers de ces documents.

Les livrables contractuels sont les suivants :

- Les plans de définition (annexe C),
- Le dossier de stabilité (annexe D),
- Les instructions au capitaine (annexe E).

Ces livrables devront être approuvés régulièrement par le client et le bureau de contrôle.

2.2.3.1 Plans

L'établissement des plans représente un travail primordial dans la réalisation de ce projet. Le bureau de contrôle étudie la conformité du navire au travers de ces seuls plans. Nous accordons une attention particulière à la forme et à la pertinence de ces documents.

En cas de besoin, nous pourrions faire parvenir certaines de nos notes de calculs au bureau de contrôle pour expliquer ou justifier notre travail de dimensionnement. Cependant, ces notices complémentaires ne sont nullement contractuelles, et ne peuvent être considérées comme des livrables.

2.2.3.2 Dossier de stabilité

Nous devons réaliser une étude de stabilité du navire. Elle doit justifier de la bonne flottaison du ponton-grue en toutes circonstances, afin d'assurer la sécurité de l'équipage pendant l'exploitation. Nous reviendrons plus en détail sur cette étude dans la présentation du travail technique qui a été réalisée pour ce projet (Partie II, 3.).

Cette étude sera présentée au travers d'un dossier de stabilité qui devra être approuvé par le bureau de contrôle. Le dossier doit présenter un certain nombre d'informations et

de cas d'étude. Il doit fournir toutes les données utiles et nécessaires à la justification de la conformité du ponton aux exigences réglementaires.

2.2.3.3 Les instructions au capitaine

Le dernier livrable contractuel est le dossier d'instructions au capitaine. Il s'agit d'un document qui doit permettre au capitaine de vérifier, en toutes circonstances, que le ponton et son chargement satisfont aux conditions de stabilité validées par le bureau de contrôle.

Ces instructions contiennent tous les éléments nécessaires au capitaine pour vérifier le respect des conditions de stabilité. On trouvera dans le dossier des informations générales (comme la méthode de calcul de la position du centre de gravité du chargement du ponton). Mais on trouvera aussi des éléments plus spécifiques (comme les considérations liées au ballast et aux carènes liquides).

La réalisation de ces livrables est l'un de nos objectifs. Ils constituent les documents contractuels qui devront être remis au client à la fin du projet après avoir été validés par le bureau de contrôle.

Le ponton, chacun de ses composants, tous les livrables du projet seront soumis au respect de critères réglementaires. Ils sont établis à partir de l'étude de la réglementation en vigueur.

On doit donc identifier ce cadre réglementaire avant de commencer le travail de conception du ponton.

2.3 Cadre réglementaire

Le cadre réglementaire du projet pose une limite aux libertés de conception de l'architecte naval. On doit satisfaire à ces obligations afin de garantir la sécurité des usagers du navire. On verra que ce cadre est notamment établi à partir des conditions d'exploitation et de navigation du ponton.

Nous décrirons les démarches à accomplir pour l'obtention du permis de navigation ainsi que le travail qui sera accompli par le bureau de contrôle afin de vérifier le respect de la réglementation en vigueur.

2.3.1 Obtention du permis de navigation

Pour obtenir le permis de navigation du ponton-grue, l'armateur devra se rendre à la Commission de Sécurité de Tunis (puisque le navire sera homologué sous pavillon tunisien). Il faudra produire deux documents :

- Le Certificat International de Franc-Bord² délivré par un bureau de contrôle,
- L'approbation de l'Organisation Maritime Internationale³.

Le C.I.F.B. sera délivré par un bureau de contrôle après la vérification de la conformité du ponton à la réglementation en vigueur.

Au vu de ses conditions de navigation, l'approbation de l'O.M.I. est nécessaire. En effet, le ponton-grue sera soumis à une réglementation relative aux navires en eaux maritimes. C'est donc l'O.M.I. qui aura à charge de vérifier les conditions d'exploitation du navire.

2.3.2 Bureau de contrôle

Le rôle d'expert pour ce projet sera confié à une société de classification. Parmi les 3 principales auxquelles on peut faire appel, c'est le B.V. qui a été choisi ici. C'est donc lui qui délivrera le C.I.F.B.

Auparavant, le B.V. se chargera :

- de la vérification de l'échantillonnage,
- de la validation des plans,
- de la production de feuilles de commentaires,
- de la vérification de la stabilité,
- des visites techniques à flot et à sec effectuées par l'expert en charge,
- de l'essai de navigation.

2. C.I.F.B. dans la suite de ce document

3. O.M.I. dans la suite de ce document.

Ce n'est qu'après la vérification de la conformité de chacun de ces éléments que le bureau de contrôle délivrera son homologation.

2.3.3 Réglementation

Plusieurs éléments sont déterminants pour définir la réglementation adaptée à notre projet. Tout d'abord les conditions de navigation : le client a demandé que le ponton-grue puisse naviguer en eaux maritimes sans restriction. Les caractéristiques du ponton doivent également être prises en compte.

Voici les trois critères imposés par le client :

- Classification : Hull Unrestricted,
- Matériau de construction : Tôle marine de grade A,
- Dimensions : construction en acier de moins de 65m.

À partir de ces spécificités, on établit que c'est la réglementation NR467 qui sera en vigueur. On peut alors déterminer les critères pour chaque élément (raidisseur normal, raidisseur dans les compartiments à ballast, etc.).

Une fois établies toutes ces considérations contractuelles, nous allons définir le cadrage de la réalisation. Désormais, nous allons détailler les considérations techniques et économiques et organiser la planification de la réalisation du projet.

3 Cadrage du projet

Suite à l'attribution de l'appel d'offre et la signature du contrat, la tâche m'incombe d'organiser le cadrage du projet. Il s'agit de l'étape où l'on prépare la réalisation technique, c'est-à-dire ici la conception du ponton-grue.

C'est au cours de cette phase de cadrage que l'on va approfondir les aspects techniques et les risques économiques. On va aussi mettre en place la planification du travail de réalisation.

3.1 Considérations techniques

Nous avons d'ores et déjà analysé les données fournies dans le cahier des charges de l'appel d'offre. Nous avons même proposé des solutions techniques de principe dont certaines ont été acceptées par le client. Elles ont cependant été précisées lors de la signature du contrat. On veut donc finaliser l'identification des caractéristiques de notre navire.

3.1.1 Le ponton grue

3.1.1.1 Conditions d'exploitation

Le ponton-grue est un engin flottant dont la grue sera utilisée pour des travaux comme le dragage des fonds et le nettoyage des berges. Mais le bateau permettra aussi le levage de charges ou le transport de détritrus. L'utilisation prévue pour ce navire nécessite une construction robuste et un espace de travail dégagé.

Le ponton grue est un bateau de service qui sera exploité par un équipage. On le différencie d'autres catégories de navires car il ne peut être utilisé pour le transport de passagers ni pour la plaisance. L'absence de clientèle à bord du navire permet la réduction

des considérations liées au design et au style.

Contrairement à d'autres navires de cette catégorie, notre ponton-grue ne sera pas motorisé. Il fera partie d'un convoi poussé.

3.1.1.2 Solutions techniques

La liste ci-dessous résume les caractéristiques qui ont été officialisées par la signature du contrat :

Répartition des éléments sur le ponton-grue

La proposition concernant la répartition des éléments est approuvée par le client. On précise que le magasin de stockage du matériel sera situé entre la zone de circulation de la grue et en avant des compartiments à ballast.

Utilisation de la grue

Il est prévu d'utiliser une grue sur chenille American Hoist 5299 A. Le client confirme que la grue sera arrimée pendant le transport et l'exploitation.

Utilisation de ballast

La limitation concernant la quantité de ballast est acceptée.

Puits et pieux

La proposition concernant le nombre de pieux est acceptée, il y en aura donc 4 au lieu de 3. Le système de manipulation des pieux n'utilisera pas de treuils hydrauliques. De plus, le client souhaite supprimer la possibilité de descendre les pieux en position avec des treuils à double sens.

On a désormais identifié les principales caractéristiques de notre produit. On va approfondir cette définition au travers d'une analyse fonctionnelle. On veut vérifier que tous les besoins du client ont été identifiés pour déterminer les solutions techniques définitives du navire.

3.1.2 Analyse fonctionnelle

L'analyse fonctionnelle est un outil. Elle permet l'analyse du besoin qui mène à la conception d'un produit. Cette démarche permet de cerner toutes les considérations à prendre en compte lors de la définition du produit. Généralement, le commanditaire ou le maître d'ouvrage peuvent avoir déjà travaillé sur ce sujet. Mais les seules informations qui ont été mises à notre disposition figuraient dans le cahier des charges, lequel était malgré tout assez sommaire. Cette étude est réalisée ici pour s'assurer qu'aucun élément ne sera oublié.

L'analyse fonctionnelle est une démarche en 4 étapes. L'étude approfondie du besoin et de l'environnement du produit permet l'identification des fonctions qu'il devra satisfaire. La caractérisation de ces fonctions permettra la mesure de l'avancement et de la réussite du projet par rapport à des critères définis. Cette étude permet généralement d'éviter certaines difficultés du travail de conception. Elle permet aussi de définir la qualité nécessaire et suffisante.

La démarche est la suivante :

- Identification du besoin,
- Identification des cycles d'utilisation et de leurs environnements,
- Identification des fonctions que le produit devra réaliser,
- Caractérisation de ces fonctions.

Nous avons donc commencé par une analyse du besoin.

3.1.2.1 Identification du besoin

Le besoin doit être satisfait par l'utilisation du produit. Trois questions permettent une bonne analyse du besoin :

- À qui sert le produit ?
- Sur quoi le produit agit-il ?
- Dans quel but ?

Le schéma 3 représente le besoin lié à notre ponton.

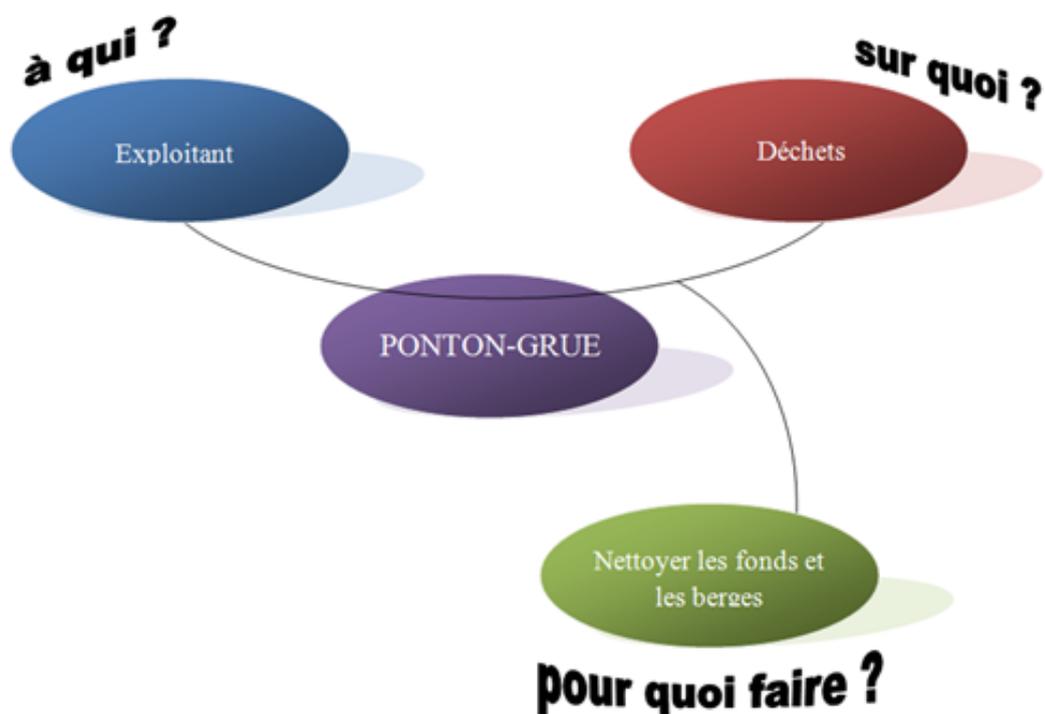


FIGURE 3 – Identification du besoin

On peut formuler le besoin de la manière suivante :

”Le ponton-grue rend service à l’exploitant en agissant sur les déchets pour nettoyer les fonds marins et les berges.”

3.1.2.2 Identification des cycles d’utilisation et des éléments du milieu extérieur

On identifie ensuite les cycles d’utilisation du produit :

- La mise en service,
- L’utilisation principale (navigation),
- L’utilisation secondaire (réalisation de travaux),
- Le stockage,
- La maintenance,
- Le recyclage et la destruction.

On ne peut se contenter d'étudier les phases d'utilisation du produit. Les autres étapes de la vie du produit génèrent des contraintes qu'il est important de prendre en compte dès la conception.

Pour chacune de ces phases de vie, on identifie les éléments du milieu extérieur (E.M.E.). Il s'agit des entités de l'environnement du produit avec lesquelles il va interagir.

Le schéma 4 représente les E.M.E. du ponton-grue qui ont été identifiés pour la phase d'utilisation normale :

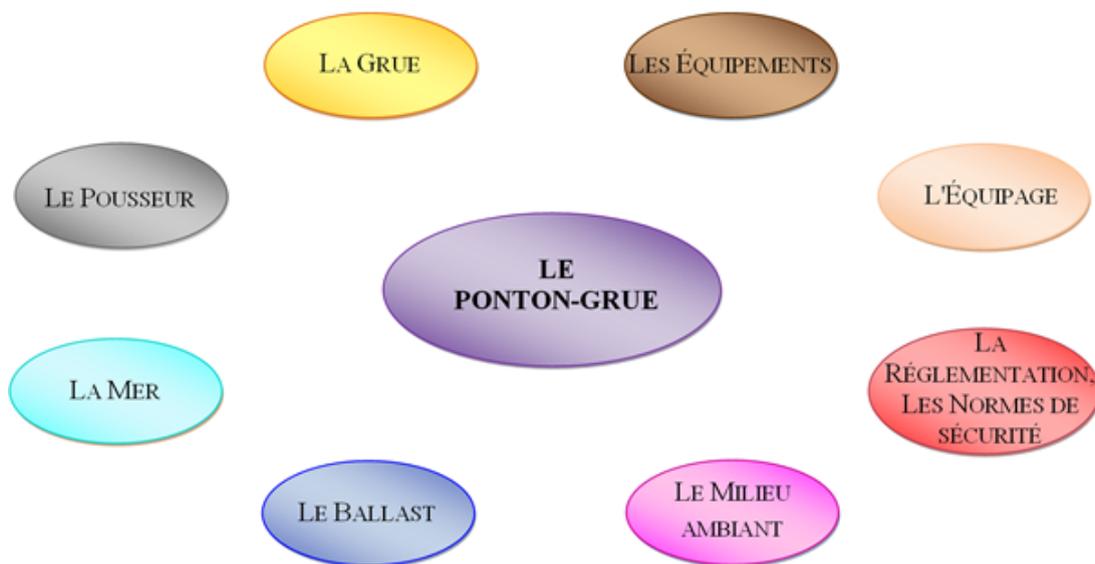
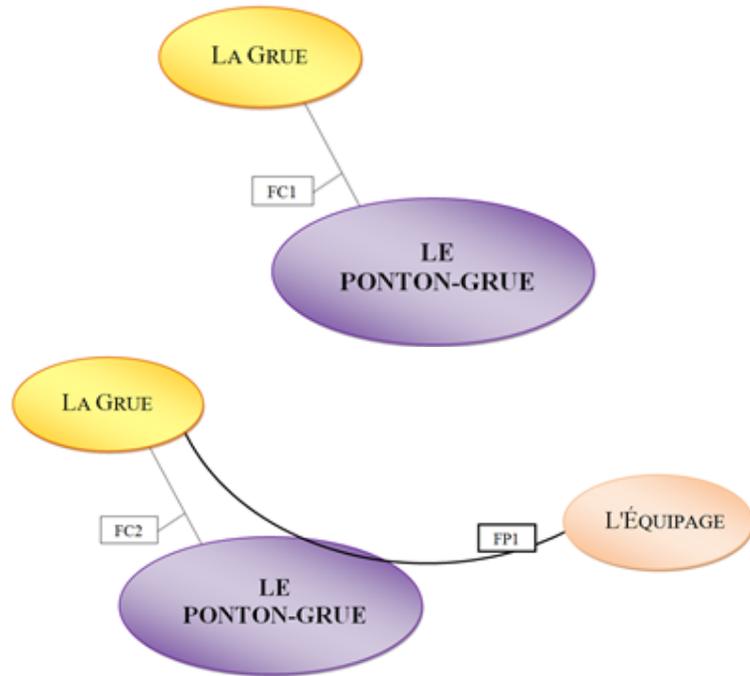


FIGURE 4 – Éléments du milieu extérieur du ponton-grue

3.1.2.3 Fonctions de service

On appelle fonction contrainte (F.C.) le lien entre le ponton-grue et chacun de ces E.M.E.

On appelle fonctions principales (F.P.) le lien entre plusieurs E.M.E. qui traduisent des actions accomplies par le produit.



Le schéma 5 représente les fonctions principales et contraintes de la phase d'utilisation normale :

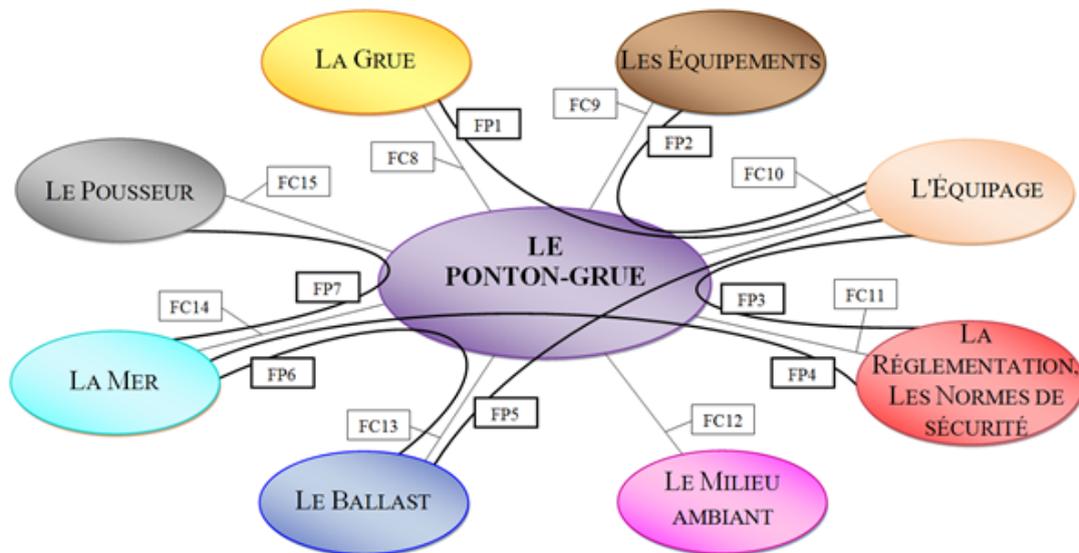


FIGURE 5 – Fonctions principales et contraintes de la phase d'utilisation normale

Le tableau VIII liste toutes les fonctions de service qui ont été identifiées pour la phase d'utilisation normale. Certaines de ces fonctions sont présentes dans plusieurs phases de vie du produit. D'autres n'apparaissent pas dans ce tableau mais apparaîtront lors de l'étude des autres cycles d'utilisation.

TABLEAU VIII – Fonctions de service pour la phase d’utilisation normale

Fonctions principales	FP1	Garantir la sécurité de l’équipage pendant l’exploitation de la grue
	FP2	Permettre à l’équipage d’accéder aux équipements
	FP3	Respecter la réglementation concernant la sécurité de l’équipage
	FP4	Garantir la stabilité et la bonne flottaison du ponton
	FP5	Garantir la sécurité de l’équipage pendant l’utilisation du ballast
	FP6	Permettre le remplissage d’eau de mer pour remplir les ballasts
	FP7	Flotter correctement lorsque déplacé par le pousseur
Fonctions contraintes	FC8	Supporter la grue
	FC9	Permettre le stockage du matériel
	FC10	Accueillir l’équipage
	FC11	Respecter la réglementation
	FC12	Résister à l’influence du milieu ambiant
	FC13	Permettre l’utilisation de ballast
	FC14	Flotter sur l’eau
	FC15	Résister aux efforts engendrés par le pousseur

L’analyse fonctionnelle nous permet de bien cerner les principales considérations techniques du projet. On a fait un tour complet des éléments qu’il faudra prendre en compte. Ensuite, on pourra choisir les solutions aux problèmes posés et caractériser les fonctions de service.

3.1.3 Cahier des charges fonctionnel

À partir de l’analyse fonctionnelle qui a été faite, on peut déterminer les solutions techniques à mettre en œuvre. Celles-ci sont identifiées à partir des fonctions de service qui ont été établies auparavant. Par exemple, à la considération ”garantir la sécurité de l’équipage”, on propose notamment une solution technique qui consiste à mettre en place des garde-corps¹. Ces solutions techniques feront partie du cahier des charges fonctionnel².

1. Voir glossaire

2. Cahier des charges fonctionnel, C.d.C.F. dans la suite de ce document.

Le tableau IX illustre la traduction que l'on a faite entre les fonctions de service et les solutions techniques. Le tableau dans son entier figure en annexe F.

TABLEAU IX – Solutions techniques identifiées

Considération initiale	Considération associée	Solution technique	N°
Mise à l'eau	Protéger la coque lors de la mise à l'eau	Mise en place de sabots sous le ponton	FP0 ³
Stockage matériel	Prévoir local technique	Définir les caractéristiques (position, dimensions) Dimensionner structure	FC9
Entretien	Circulation dans le ponton pour inspection et travaux	Définir le plan de circulation Prévoir portes et trappes étanches	FP1
Ballast	Impact sur la flottaison	Prévoir la répartition des poids	FP5
	Définition des conditions d'utilisation	Déterminer les conditions d'utilisation du ballast Calculer la quantité de ballast Détailler la méthode de remplissage et de vidage du ballast	FC12
	Impact sur la stabilité	Calculer les caractéristiques (position du CdG en prenant en compte l'effet de carène liquide)	FP5
	Prévoir système de remplissage et d'assèchement	Calculer les caractéristiques des motopompes Établir la répartition des événements et des tubes plongeurs	FP6
Suite sur la page suivante			

3. La fonction FP0 ne figure pas dans le tableau VIII car elle appartient à une autre phase que l'utilisation normale

Tableau IX – Suite de la page précédente

Considération initiale	Considération associée	Solution technique	N°
	Risque de corrosion	Prévoir traitement anti-corrosif	FC16 ⁴

3.2 Considérations organisationnelles

Nous devons maintenant planifier le travail qui va être accompli. Nous devons nous assurer que toutes les considérations identifiées jusqu'ici seront prises en compte. Cette démarche va mettre en œuvre plusieurs outils qui vont favoriser le respect des délais.

On va notamment identifier et organiser toutes les tâches de la réalisation. On veut aussi mettre au point un planning. Mais on commence par préciser la répartition du travail.

3.2.1 Affectation des ressources

La répartition des ressources doit établir de manière définitive les tâches et la mission de chacun.

De manière générale, on répartit comme d'habitude la réalisation du projet entre les intervenants :

- Le secrétariat se voit confier les tâches administratives (courriers, gestion de dossier), ainsi que la vérification des documents (correction, relecture),
- Le travail de réalisation est à ma charge (réalisation des études, des livrables),
- Le gérant supervise et valide le travail accompli.

On remarque cependant quelques différences notables avec notre répartition habituelle des tâches. Plusieurs missions sont laissées sous ma responsabilité pour enrichir

4. La fonction FC16 ne figure pas dans le tableau VIII car elle appartient à une autre phase que l'utilisation normale

mon expérience et mon stage au travers de la réalisation de ce projet.

Le gérant d'ANIE-2R me confie notamment la charge des relations avec le client et le bureau de contrôle. Jusqu'à maintenant, c'était lui qui tenait ce rôle d'intermédiaire entre les intervenants. Il me laisse aussi la responsabilité des choix techniques liés au projet. Habituellement, nous organisons des réunions, nous échangeons nos idées pour faire naître des propositions face aux problèmes techniques rencontrés. Généralement, c'est à lui que revient de choisir les solutions que nous mettons en œuvre. Mais pour ce projet, cela aussi a été laissé à ma charge. Bien entendu, il supervisera et validera mon travail.

3.2.2 Ordonnancement des tâches

Cette étape permet l'identification de toutes les tâches qui devront être accomplies. En déterminant l'ordre de réalisation de ces travaux, on identifie les derniers éléments qui vont permettre l'établissement d'un planning.

3.2.2.1 Principe de réalisation d'un projet d'architecture navale classique

Les architectes navals français appartiennent, pour la plupart, à l'Institut Français des Architectes Navals⁵. On y trouve notamment une méthode de résolution classique⁶ des projets d'architecture navale. Celle-ci se caractérise par la décomposition de la réalisation en trois phases :

- L'esquisse,
- L'avant projet,
- Le projet.

Cette décomposition du projet présente plusieurs avantages. Comme les phases sont indépendantes, chacune est réalisée une fois que la précédente est terminée. C'est au travers de l'approbation du bureau de contrôle qu'on peut déterminer la fin d'une phase. Les éléments validés au cours d'une phase ne seront plus modifiés. Cependant, rien n'empêche

5. I.F.A.N. dans la suite de ce document

6. On peut retrouver cette méthode dans les informations mises à disposition sur le site internet de l'I.F.A.N.

d'entamer la suite de la réalisation du projet dans l'attente de l'approbation du bureau de contrôle. Généralement, nous utilisons ce délai pour entreprendre des travaux indépendants de ceux que nous avons envoyés pour approbation (par exemple je peux travailler sur le plan de circulation du navire pendant que le bureau de contrôle étudie la structure que je lui ai fait parvenir).

Le second avantage est que cette démarche permet un ordonnancement logique des tâches :

- Au cours de la phase d'esquisse, on définit les principes généraux de la réalisation,
- Au cours de la phase d'avant projet, on établit les principaux éléments (formes, structure, etc.),
- Au cours de la phase de réalisation du projet, on définit les spécificités de chacun des éléments de détail du projet (garde-corps et bollards⁷ par exemple).

Le schéma 6 illustre cette méthode et précise certains des éléments composant chacune des phases.

7. Voir glossaire

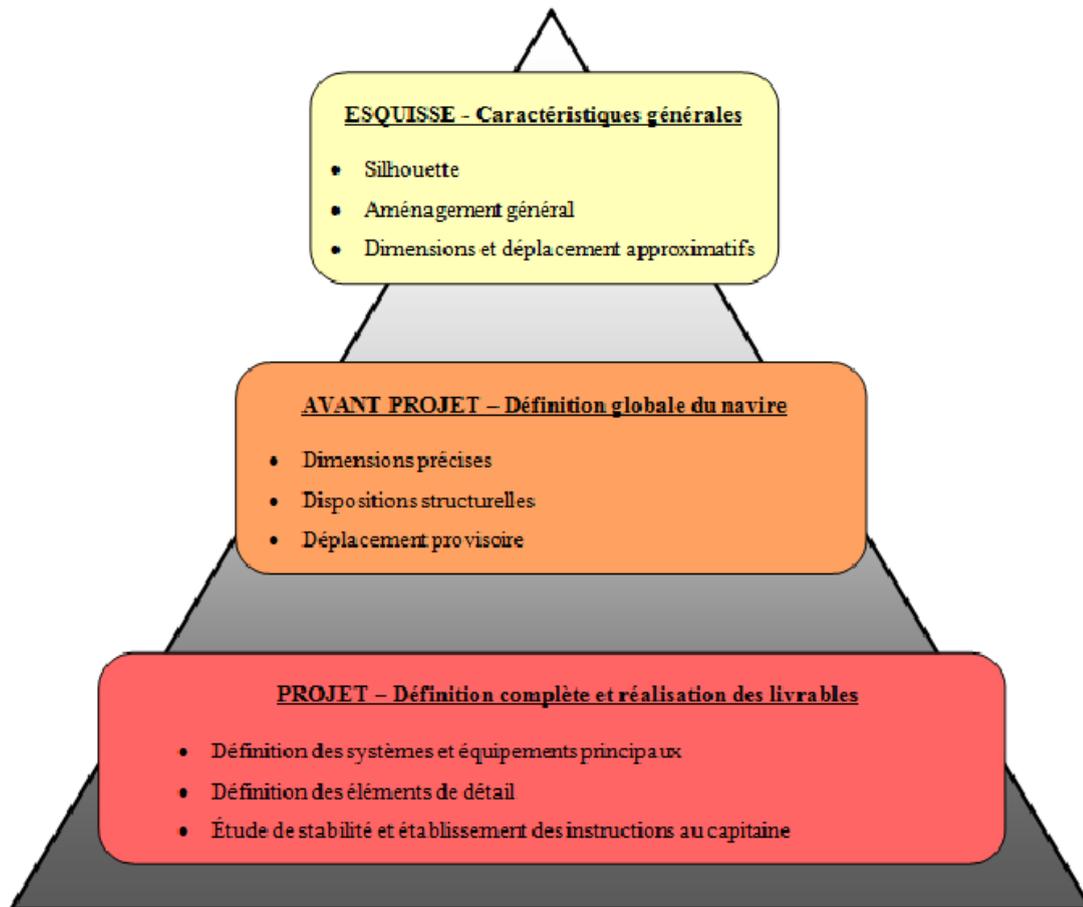


FIGURE 6 – Organisation de la réalisation d'un projet d'architecture navale classique

Le travail de la phase d'esquisse a déjà été réalisé. Il correspond aux éléments qui ont été produits pour répondre à l'appel d'offre. Ces éléments ont été confirmés ou précisés dans le contrat. On va donc, au cours de la réalisation, travailler sur les phases de l'avant projet et du projet.

3.2.2.2 Identification des tâches à réaliser

Le tableau X représente les différentes étapes qui sont identifiées pour chaque phase restante de la réalisation, ainsi que les livrables qui devront être produits.

TABLEAU X – Tâches à réaliser

Phase de réalisation	Éléments à réaliser	
	Étude	Livrable
Avant-projet	Enveloppe générale du navire	Plans généraux
	Aménagements	
	Généralités de structure	Plans de structure
	Devis de poids	Note de calcul
Projet	Enveloppe du projet	Plan d'ensemble
	Structure générale	Plans de structure
	Structure transversale	
	Détails de structure	
	Aménagement et éléments complémentaires	Plans de détail
	Appendices mobiles, puits	Plans des puits et pieux
	Étude de stabilité	Dossier de stabilité
Instructions au capitaine		
Modifications	Modifications des solutions et des études	Justifications
		Plans supplémentaires

On voit qu'à chaque étude correspondent des livrables.

On remarque qu'on identifie un travail de modifications et de mises à jour. Cela représente les échanges qui auront lieu avec le bureau de contrôle. Il est incontournable de prendre en compte que certaines modifications seront demandées par le B.V.. On prévoit dès à présent d'y accorder du temps.

3.2.2.3 Décomposition du projet

On peut établir la décomposition du projet. On utilise les tâches identifiées auparavant. Cette décomposition facilitera l'établissement du planning.

On commence par diviser le projet en phases générales :

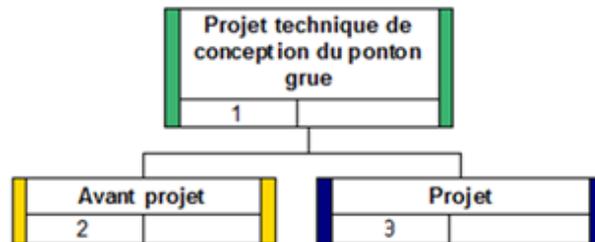


FIGURE 7 – Phases générales du projet

On développe ensuite les phases de l'avant projet :

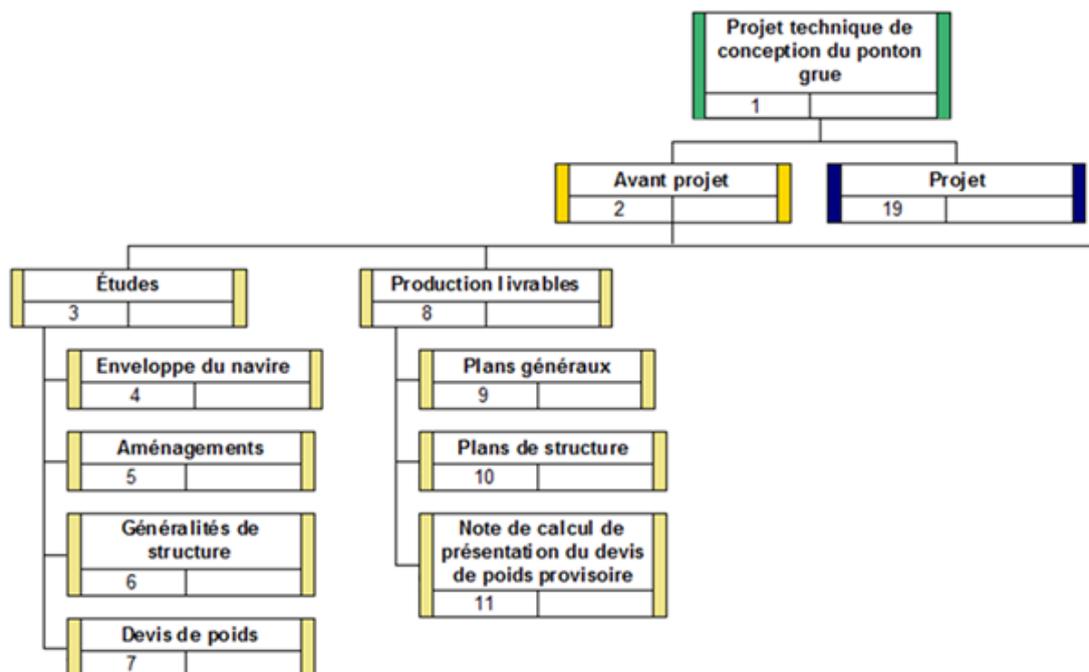


FIGURE 8 – Décomposition de l'avant projet - études et livrables

La phase d'avant projet contient aussi une étape de validation qui est modélisée comme suit :

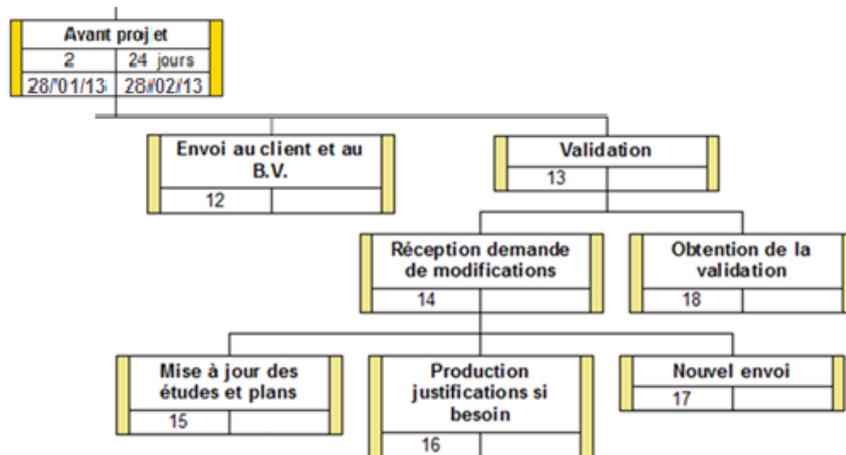


FIGURE 9 – Décomposition de l'avant projet - validation

Ensuite, on représente la décomposition du projet :

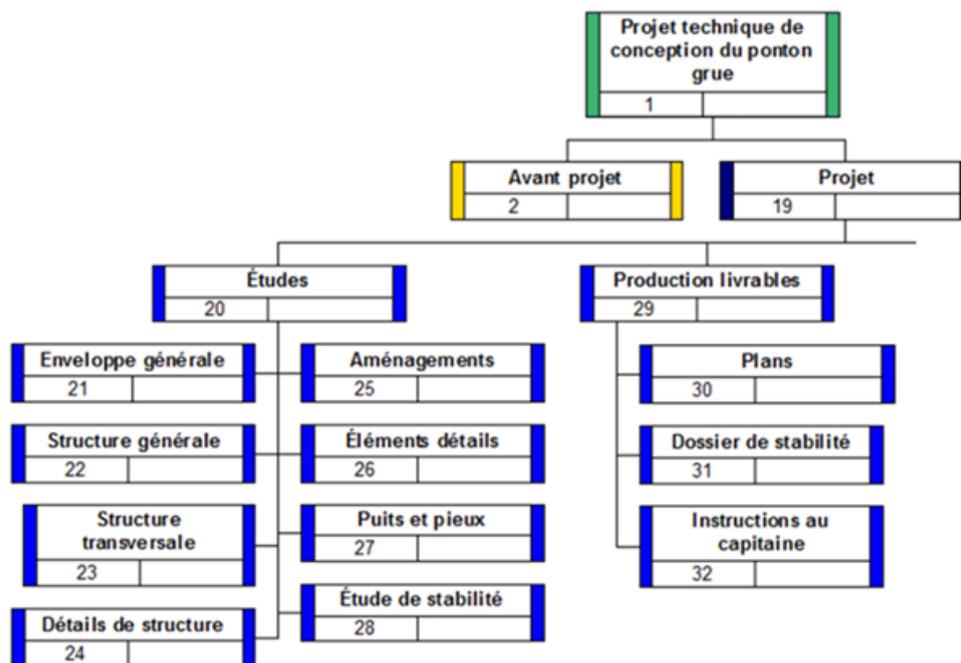


FIGURE 10 – Décomposition du projet - études et livrables

L'étape de validation du projet est la même que celle de l'avant projet.

On numérote les tâches des études, livrables, et étapes de la validation de l'avant projet, puis du projet.

L'ordonnancement des tâches est partiellement imposé par la logique : on réalisera les études avant de pouvoir produire les livrables ! Cependant, certains éléments indépendants

peuvent être traités sans ordre de priorité. Alors, il appartiendra à la chargée de projet de réaliser les tâches dans l'ordre qui lui semble le plus adapté, tout en respectant les obligations d'antériorité inhérentes à certaines étapes.

3.2.3 Planification

La planification du projet doit fixer les délais de la réalisation. On va établir un planning grâce à toutes les informations récoltées jusqu'ici. On va aussi placer les jalons et les dates d'envoi des livrables au B.V.

3.2.3.1 Estimation précise de la durée des tâches

On établit une estimation de la durée des tâches aussi précise que possible, qui permettra l'établissement du planning.

TABLEAU XI – Durée des tâches

Éléments à réaliser	Durée estimée (jour)
Enveloppe générale du navire	1
Aménagements	2
Généralités de structure	7
Devis de poids	5
Total avant projet	15
Enveloppe générale du navire	1
Structure, plans généraux	21
Structure transversale	6
Détails de structure	10
Aménagements et éléments complémentaires	10
Appendices mobiles, puits	7
Total projet	55
Étude de stabilité	10
Total stabilité	10
Suite sur la page suivante	

Tableau XI – Suite de la page précédente

Éléments à réaliser	Durée estimée (jour)
Justifications	10
Plans supplémentaires	10
Total modifications	20
TOTAL	100

Pour rappel, nous avons prévu d'accorder un mois de travail à tous les travaux précédents la réalisation technique du projet (dossier de décision, réponse à l'appel d'offre et phase de cadrage). La durée de la phase de réalisation est de 4 mois, et on prévoit d'ores et déjà 1 mois de travail supplémentaire à consacrer aux modifications, justifications et mises à jour pour le B.V.. C'est d'après cette répartition que le total présenté ici n'est que de 100 jours et non 120 : on ne prend en compte ici que les travaux de la phase de réalisation.

3.2.3.2 Jalons

Les jalons sont des étapes intermédiaires du projet où le client sera consulté. Ils sanctionnent l'avancement régulier de la réalisation. À cette occasion, les livrables disponibles seront envoyés au client qui devra fournir son approbation pour que l'on puisse poursuivre la réalisation du projet.

Dès qu'une étape du projet sera réalisée, nous ferons parvenir au client les plans mis au point pour recevoir son approbation. Une fois cette validation obtenue, il ne sera plus possible de modifier les éléments déjà approuvés. Ensuite, nous ferons parvenir ces mêmes livrables au bureau de contrôle.

Le tableau XII positionne les jalons et les échanges prévus avec le bureau de contrôle. Les jalons sont représentés par les losanges qui devront être approuvés par le client ; les étoiles représentent les envois des livrables au bureau de contrôle, après l'approbation du client.

TABLEAU XII – Étapes de validation des jalons et des livrables

Phase de réalisation	Éléments à réaliser		
	Étude	Livrable	Symboles
Avant-projet	Enveloppe générale du navire	Plans généraux	→ ◇
	Aménagements		
	Généralités de structure	Plans de structure	→ ◇ → ★
	Devis de poids	Note de calcul	
Projet	Enveloppe du projet	Plan d'ensemble	→ ◇
	Structure générale	Plans de structure	→ ◇ → ★
	Structure transversale		
	Détails de structure		
	Aménagement et éléments complémentaires	Plans de détail	→ ◇
	Appendices mobiles, puits	Plans des puits et pieux	→ ◇ → ★
	Étude de stabilité	Dossier de stabilité	→ ◇
Instructions au capitaine		→ ◇ → ★	
Modifications	Modifications des solutions et des études	Justifications	→ ★
		Plans supplémentaires	→ ◇ → ★

3.2.3.3 Planning

Pour établir le planning, nous nous sommes servis de la décomposition du projet et de l'estimation de la durée des tâches.

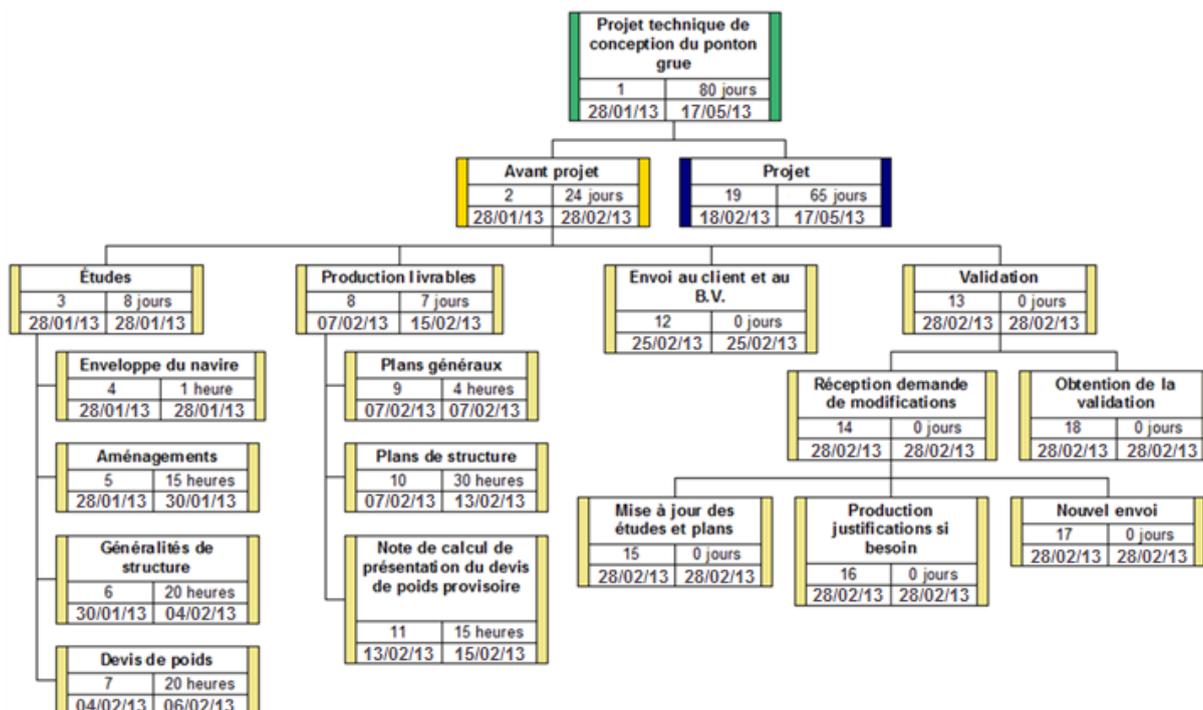


FIGURE 11 – Planning de l'avant projet

La légende est la suivante :



Les durées sont exprimées en heures ou en jours de travail (de 7h).

Il est à noter que le planning est basé sur une estimation de la date de réception de la réponse du B.V. concernant l'avant projet. Le planning sera mis à jour en fonction de la date réelle.

La figure 12 détaille le planning de la phase projet :

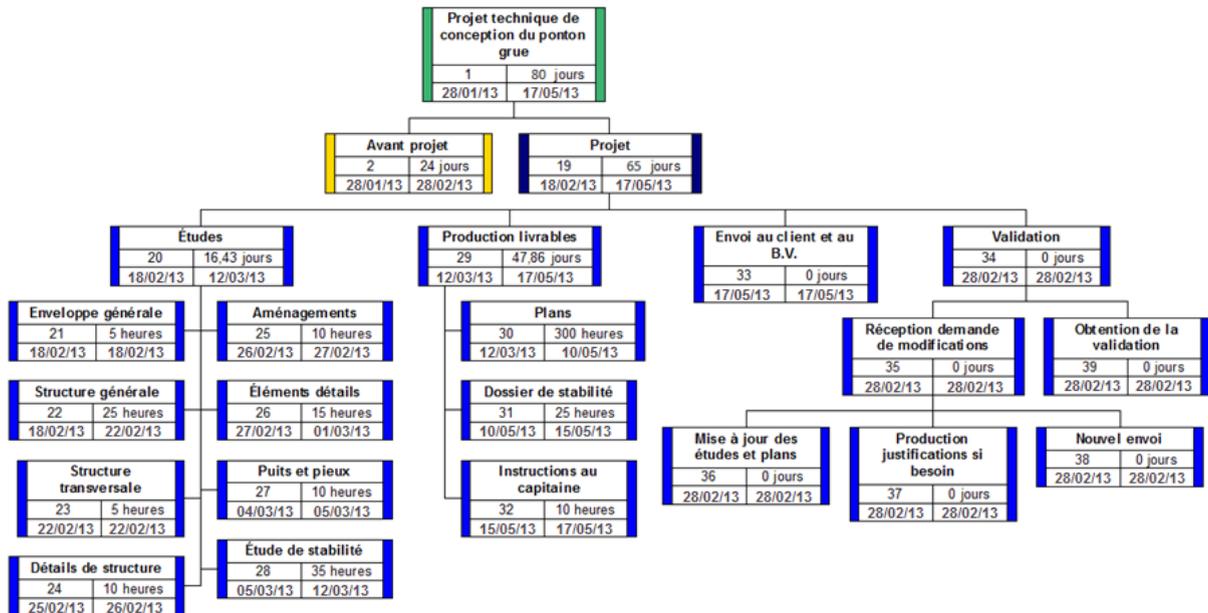


FIGURE 12 – Planning du projet

La réalisation de l'avant projet est prévue pour débuter fin janvier, après la signature du contrat. Il est donc prévu que l'avant projet finisse au plus tard le 28 février. Cependant, la durée estimée des tâches permet de constater que la réalisation de l'avant projet devrait être terminée le 15 février. On prévoit donc le début de la réalisation du projet dès le 18 février.

Ce planning prévisionnel sera mis à jour régulièrement au fil de la réalisation. Il présente plusieurs indicateurs du bon déroulement du projet. Par exemple, il présente l'avancement du projet (en %), le nombre de tâches terminées, et les dates de fin initiale et actuelle. Ce sont les révisions régulières de ce planning qui permettront le pilotage du projet.

3.3 Considérations économiques

Une première estimation des charges avait été faite, ce qui nous a permis de fixer un prix de vente. C'est cette offre qui a été acceptée et qui figure dans le contrat. Désormais, on peut calculer le R.O.I. et étudier en détail le risque économique que nous avons identifié.

3.3.1 Calcul du retour sur investissement

Le R.O.I. représente les gains que l'entreprise devrait faire.

Le schéma 13 illustre le calcul des bénéfices :

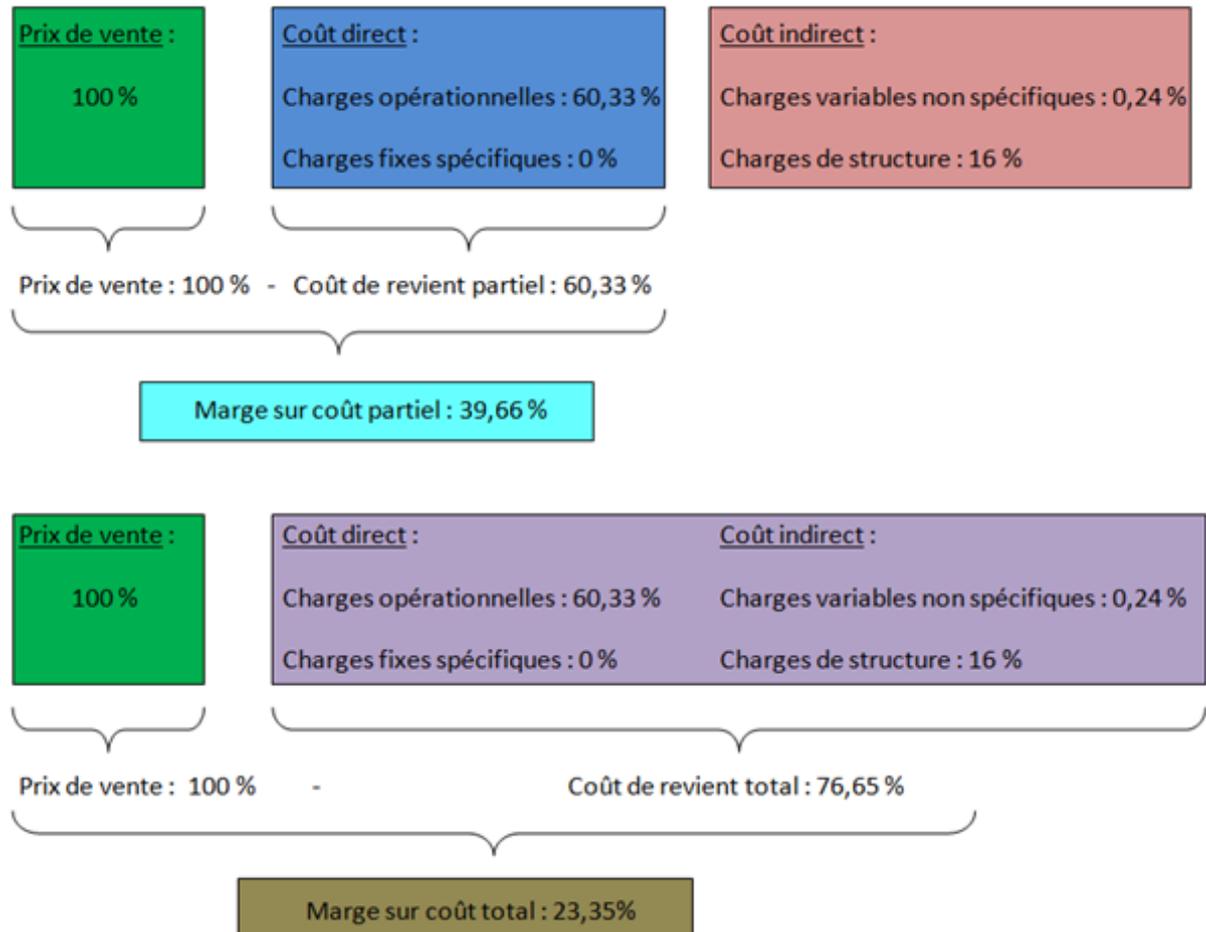


FIGURE 13 – Calcul des bénéfices

Le montant de la marge sur coût total représente les bénéfices que l'entreprise devrait gagner. Cependant, ce montant pourrait être moindre en cas de retard de livraison. C'est le risque financier qui a été identifié et qui va être étudié plus avant.

3.3.2 Étude du risque économique en fonction du retard de livraison

Le principal risque pour ce projet serait la réduction des bénéfices escomptés par l'entreprise. Cela pourrait arriver si nous ne respectons pas les délais et que le client applique au paiement des pénalités de retard. On veut déterminer le montant des bénéfices en fonction de ce retard.

Voici les données dont nous disposons :

- Les pénalités de retard journalières, PR_j , sont égales à 2,14% de la marge sur coût total,
- Le taux horaire de la chargée de projet, TH_{cp} , est égal à 0,21% de la marge sur coût total.

L'indice n représente le nombre de jours de retard avec $n \geq 0$.

Soit B_n les bénéfices réalisés par l'entreprise. A la fin des délais contractuels, $n = 0$ et $B_0 = 100\%$ de la marge sur bénéfice.

On peut établir la formule de calcul des bénéfices restant par jour telle que :

$$B_n = B_{n-1} - (PR_j + 7 \times TH_{cp}) \quad (1)$$

Les pénalités de retard sont plafonnées à 10% du prix contractuel. Ce seuil sera atteint au bout du 20^e jour :

$$20 \times 5/1000 = 10\% \quad (2)$$

Les bénéfices à B_{20} ne s'élèvent plus qu'à 28,7% de la marge sur coût total. Ensuite, on ne prend plus en compte les pénalités de retard :

$$B_n = B_{n-1} - (7 \times TH_{cp}) \quad (3)$$

Comme on le voit sur le graphique de la figure 14, au 34^e jour, la totalité de la marge sur coût total aura été consommée, et les bénéfices liés au projet deviendront des pertes directes.

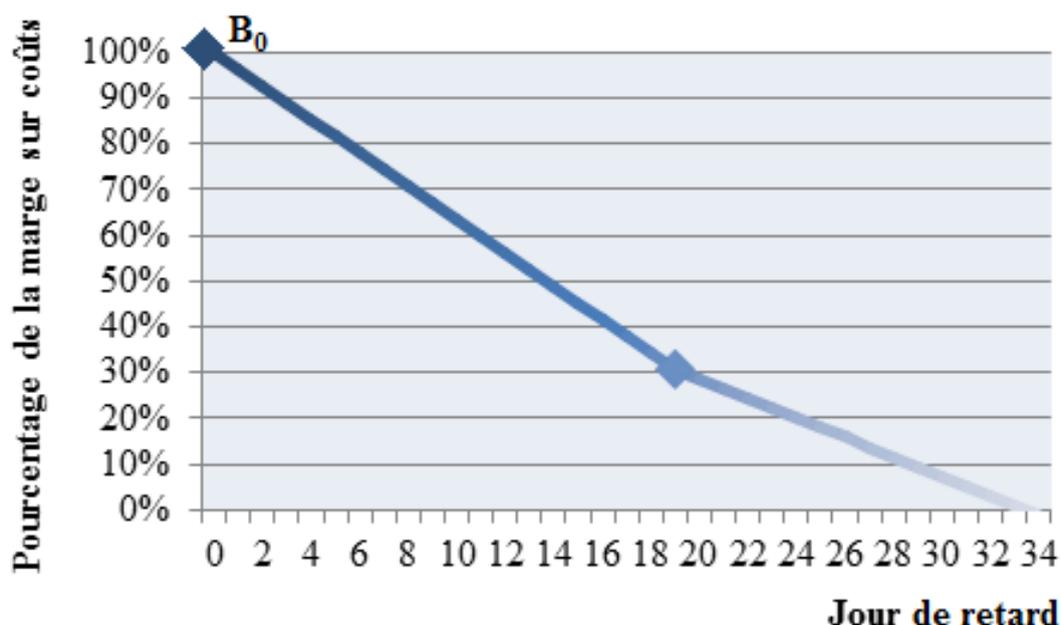


FIGURE 14 – Montant des bénéfices en cas de retard

Il convient de remarquer que si l'indice n est inférieur à 0, cela signifiera que le projet a été réalisé plus rapidement que prévu. Les charges seront moindres, et les bénéfices seront supérieurs à la marge prévisionnelle.

Cette vérification met en valeur l'importance du respect des délais contractuels. Nous utiliserons tous les outils à notre disposition pour ne pas prendre du retard. Le pilotage du projet et la mise à jour régulière du planning devraient prévenir ce risque.

Au cours de cette phase préparatoire, nous avons réalisé toutes les étapes précédant la réalisation technique du projet. Nous avons étudié l'appel d'offre pour vérifier les avantages de l'entreprise à poursuivre ce projet. Une fois assurés que les bénéfices étaient suffisants, nous avons détaillé le travail accompli pour répondre à cet appel d'offre. Toutes les considérations réglementaires et contractuelles ont été développées pour cerner les obligations pour lesquelles nous nous sommes engagés. Pour finir, nous avons approfondi les aspects techniques liés au ponton-grue, et nous avons planifié la réalisation du projet.

On peut désormais entreprendre la phase technique de réalisation du projet. Il s'agit de la conception du navire et de la production des livrables.

Deuxième partie

RÉALISATION DU PROJET

Sommaire

4	Établissement de l'avant projet	57
4.1	Généralités	57
4.2	Échantillonnage de la structure	58
4.3	Livrables	62
5	Conception des principaux équipements du projet	65
5.1	Éléments relatifs à la grue	65
5.2	Conception des pieux et des puits	67
5.3	Manipulation des pieux	70
6	L'étude de stabilité	75
6.1	Généralités	75
6.2	Éléments de l'étude	77
6.3	Dossier de stabilité du ponton	88

Nous avons jusqu'ici défini le ponton, ainsi que tous les travaux réalisés en amont pour préparer la phase de réalisation que nous décrirons maintenant.

Le choix a été fait de ne pas surcharger ce document avec l'ensemble des calculs qui ont été nécessaires à la réalisation des études. Ces informations figurent en annexe G.

L'objectif est ici de décrire les solutions techniques choisies et leur mise en œuvre. Cette partie présente les éléments utiles à la compréhension du travail, de la démarche

entreprise, et des choix qui ont été faits.

Comme nous l'avons vu auparavant, la réalisation du projet se déroule en deux parties. Chacune de celles-ci nécessite des études puis la production des livrables contractuels. Pour finaliser chacune de ces phases, la validation du client et du B.V. est nécessaire. Nous présenterons certains éléments du travail de conception, ainsi que l'étude de stabilité. En effet, cette dernière représente une part importante du projet et est un travail technique spécifique de l'architecture navale.

4 Établissement de l'avant projet

L'avant projet doit préciser les principales caractéristiques du navire. L'objectif est la définition des éléments qui seront utilisés par la suite, pour la réalisation du projet jusque dans les moindres détails.

Le travail décrit ici comporte une présentation sommaire de la tâche à réaliser ainsi que la description du travail mis en œuvre. Nous décrirons aussi les livrables qui sont nécessaires à la validation de cette phase.

4.1 Généralités

L'avant projet est réalisé après la signature du contrat. Nous verrons ici quels sont les éléments qui composent cet avant projet. Et, à partir des données à notre disposition, nous pourrions aborder le travail effectué.

4.1.1 Composants de l'avant projet

Depuis le début du projet, la silhouette générale du navire et les principales caractéristiques ont été établies à partir de l'allure et du style choisis par le client. Nous avons aussi précisé l'aménagement général et les premières considérations structurelles.

Désormais, l'avant projet doit définir :

- Les dimensions précises,
- Les dispositions structurelles,
- Le déplacement¹ provisoire.

Or, la première mission de cet avant-projet est déjà validée puisque les dimensions précises du navire sont contractuelles. Le principal travail de cet avant projet consistera donc en l'établissement de la structure du bateau. De plus, nous déterminerons le déplacement provisoire du navire.

4.1.2 Données à notre disposition

Plusieurs des informations en notre possession vont intervenir dans le dimensionnement de la structure. Elles figurent en page 4 dans la section 1.1.1 Objet de l'appel d'offre de la partie I. Les dimensions générales et la résistance minimale du pont notamment auront de l'influence sur l'échantillonnage. De plus, les compartiments à ballast seront soumis à un dimensionnement spécifique : ils doivent être dimensionnés pour prendre en compte l'effet de carène liquide.

En accord avec le client, la répartition des éléments proposée dans l'appel d'offre sera conservée.

4.2 Échantillonnage de la structure

On entend par structure l'ensemble formé par les différents éléments qui participent à supporter les efforts appliqués au bateau. La structure est composée de tôles et de raidisseurs notamment. Les raidisseurs sont les profils de tôle qui sont fixés sur les tôles pour les renforcer. Notons que le terme général de "raidisseur" regroupe les raidisseurs verticaux de cloisons et les lisses, qui sont des raidisseurs longitudinaux.

C'est l'agencement de tous ces éléments qui constitue l'ossature du navire, et c'est elle qui contribuera à la résistance de l'ensemble.

1. Voir glossaire

4.2.1 Principe

Pour déterminer l'échantillonnage de la structure, nous avons appliqué les méthodes fournies par la réglementation en vigueur. C'est elle qui permet d'identifier les critères à respecter pour le dimensionnement.

Au vu des dimensions du bateau, nous avons décidé d'utiliser une structure principale transversale, et une structure secondaire longitudinale. Cette option est vivement conseillée par le B.V. pour tout navire de plus de vingt-cinq mètres. On répartit donc des cloisons transversales qui participent à assurer la rigidité de la structure. Certaines de ces cloisons sont étanches, les compartiments créés protégeront le navire de l'invasion en cas de voie d'eau.

Le schéma 15 illustre le positionnement définitif des cloisons tel qu'il a été établi suite à l'appel d'offre :

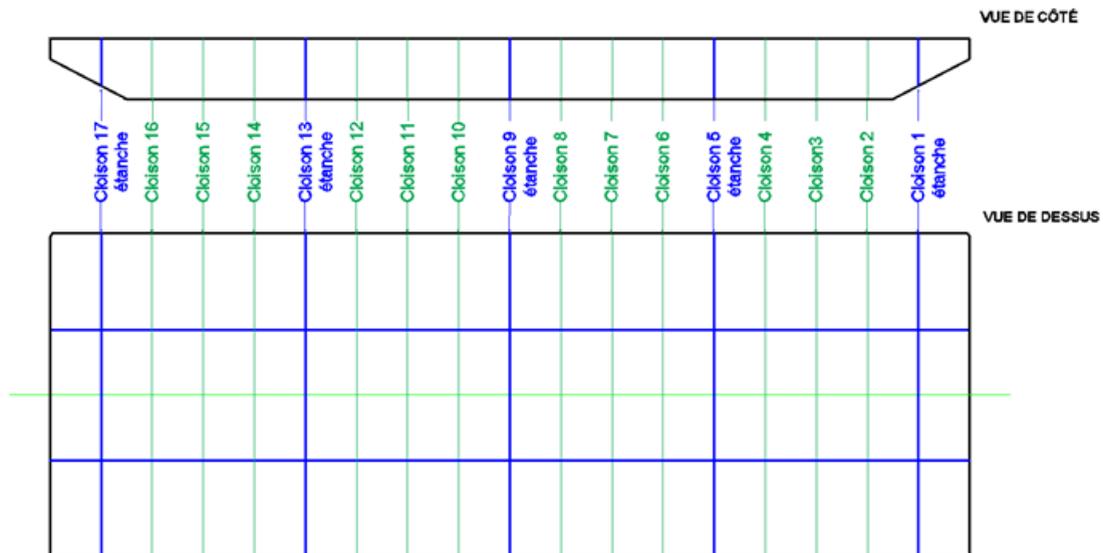


FIGURE 15 – Positionnement des cloisons

On voit :

- La coque (en noir)
- Les cloisons étanches transversales et longitudinales (en bleu)
- Les cloisons non étanches (en vert)

4.2.2 Calcul

Afin de déterminer l'échantillonnage de la structure, nous devons définir les caractéristiques des tôles de la coque, des cloisons, ainsi que des raidisseurs.

Pour chaque élément structurel, nous calculons les caractéristiques suivantes :

- La hauteur de charge, h ,
- L'épaisseur, e ,
- Le module de résistance minimum, w .

La hauteur de charge est fonction de plusieurs paramètres dont les principaux sont les dimensions, la charge en pontée², la limite élastique du matériau et l'écartement des raidisseurs. Le calcul de la hauteur de charge permet de déterminer l'épaisseur des différents composants de la structure. Le module d'inertie est déterminé à partir du poids estimé et de la longueur du ponton, ainsi que de l'écartement des raidisseurs.

Pour choisir l'échantillonnage le mieux adapté, nous commençons par choisir un écartement envisageable des raidisseurs. À partir de celui-ci, les premiers calculs de dimensionnement sont faits. En fonction des caractéristiques obtenues, il est possible de modifier l'écartement des raidisseurs jusqu'à obtenir un échantillonnage satisfaisant. Celui-ci est notamment basé sur la forme des profils des raidisseurs et sur la facilité à les trouver dans le commerce.

De cette manière, il est rapidement apparu dans nos calculs que nous devrions utiliser des matériaux aux caractéristiques très élevées dans la zone de circulation de la grue. Une solution satisfaisante a été trouvée en ajoutant des épontilles dans cette zone. Cette solution permet de conserver globalement les mêmes raidisseurs sur l'ensemble du ponton.

Nous avons déterminé les caractéristiques de chaque tôle et de chaque raidisseur. Ces calculs sont effectués pour les différentes zones du ponton : au milieu, puis aux extrémités. Nous devons en effet prendre en compte le fait que le ponton sera poussé.

2. Voir glossaire

En parallèle, et comme nous l'avons dit précédemment, nous avons calculé de manière approximative le déplacement pleine charge³ du ponton. La formule suivante fournit une approximation satisfaisante, souvent utilisée pour ce calcul :

$$\Delta = \frac{B \times L \times T \times \rho}{1000} \quad (1)$$

où l'on a :

- Δ le déplacement pleine charge, exprimé en tonnes,
- L la longueur du navire, ici égale à 45 m,
- B la largeur, ici égale à 16 m,
- T le tirant d'eau, ici égal à 2 m,
- ρ la densité de l'eau, ici considérée égale à 1025 kg/m³.

On estime à environ 1500 tonnes le déplacement pleine charge du ponton.

4.2.3 Échantillonnage

Une fois les principales dimensions définies, nous avons sélectionné les matériaux. Ils sont choisis en fonction des caractéristiques techniques, mais aussi en prenant en considération les contraintes de construction ou d'approvisionnement.

Le tableau XIII récapitule ces informations.

TABLEAU XIII – Échantillonnage retenu

Dim.	Appli.	Milieu	Extrémités	Retenu	Raidisseur
h (m)	fond	2.90	3.50	-	-
	pont	8.76	8.94	-	-
	muraille	2.60	3.50	-	-
	cloisons	2.31	-	-	-
Suite sur la page suivante					

3. Voir glossaire

Tableau XIII – Suite de la page précédente

Dim.	Appli.	Milieu	Extrémités	Retenu	Raidisseur
e (mm)	fond	7.29	7.29	10.00	-
	pont	8.17	7.36	12.00	-
	muraille	7.29	7.29	10.00	-
	cloisons	6.29	6.29	8.00	-
w (cm³)	fond	127.5	127.5	130.0	200*10 (norme UNE)
	pont	275.94	183.96	298.0	Cornière 200*100*10 (norme AFNOR)
	muraille	78.00	105.00	106.00	180*10 (norme UNE)
	cloisons	Raidiss. verti.	80.08	84.00	160*10 (norme UNE)
		Raidiss. hori.	49.57	66.00	140*10 (norme UNE)
		Raidiss. hori. ballast	100.00	106.00	180*10 (norme UNE)

Nous avons par la suite, autant que possible, cherché à utiliser les mêmes matériaux. Lorsque deux résultats étaient du même ordre de grandeur, nous avons estimé plus pertinent d'utiliser les mêmes profils. Cela devrait faciliter l'approvisionnement des matériaux et permettre au chantier de faire des économies.

4.3 Livrables

À partir de ces informations, nous avons pu entreprendre la réalisation des plans afin de les faire parvenir au B.V.. Les plans sont réalisés sur le logiciel Autocad dont l'entreprise ANIE-2R a acquis une licence.

4.3.1 Plans

À partir de l'esquisse et des plans réalisés pour répondre à l'appel d'offre, les grandes lignes de la structure sont dessinées. La répartition des cloisons aide à déterminer le choix des plans et la position des coupes.

Ainsi, nous avons commencé par représenter le ponton dans son ensemble, ensuite les différents éléments de la structure ont été dessinés.

Les premiers plans à être réalisés ont été :

- Un plan d'ensemble,
- Un plan des cloisons étanches en zone de roulage de la grue,
- Un plan des cloisons étanches hors zone de roulage de la grue,
- Un plan des cloisons non étanches en zone de roulage de la grue,
- Un plan des cloisons non étanches hors zone de roulage de la grue,
- Un plan de coupe transversale à mi-maille (entre deux cloisons),
- Un plan de coupe longitudinale entre deux cloisons étanches.

Ceux-ci ont été établis à partir des calculs effectués, des dimensions obtenues et des profils choisis. Le plan de coupe transversale à mi-maille illustre la position des épontilles.

Il est à noter que le travail de production des livrables sera le même pour la réalisation du projet. Un grand nombre de plans complémentaires sont réalisés, afin de définir chacun des composants du ponton. Au total, 54 plans ont été produits dont certains ne nécessitent pas l'approbation du B.V., et sortent du cadre de leur examen. Ils ont été faits pour apporter des informations complémentaires au client, comme par exemple la répartition des tôles pour la coque.

4.3.2 Validation

Les plans envoyés au B.V. sont au préalable nommés et côtés. Puisque le B.V. n'examine rien d'autre que les plans pour étudier le dossier, nous facilitons une lecture rapide des informations nécessaires à leur vérification. Nous leur faisons donc parvenir des plans

numérotés, à l'échelle, et côtés de manière significative.

Nous disposions d'un mois pour réaliser l'avant projet et l'envoyer au B.V.. Ce travail ne nous a, en fin de compte, pris que 15 jours. Néanmoins, nous avons attendu la fin du délai contractuel pour envoyer nos documents au bureau de contrôle.

Dans l'attente de l'approbation du B.V. concernant la structure, nous décidons de poursuivre nos travaux, en commençant par la conception des pieux et leur système de manipulation. À ce stade de la réalisation, il n'est pas pertinent de continuer à travailler sur des éléments qui influencent la structure dont nous attendons désormais l'approbation.

5 Conception des principaux équipements du projet

Pour réaliser le projet, nous avons commencé par travailler sur les principaux équipements avant de définir tous les nombreux éléments de détail. Nous présenterons ici les trois éléments spécifiques à ce navire : la grue, les pieux, et leur système de manipulation.

5.1 Éléments relatifs à la grue

5.1.1 Données

Nous avons donc travaillé avec une grue AMERICAN HOIST 5299 A.

Ses principales caractéristiques sont listées ci-dessous :

- grue sur chenille,
- masse de 47,265 tonnes,
- flèche maximale de 30,48 mètres,
- charge maximale : 55 tonnes à 3,70 mètres.

En plus de la grue et de sa charge, le ponton devra supporter pendant l'exploitation, une charge supplémentaire : la charge en pontée. Elle sera notamment constituée des gravats et déchets qui pourront être enlevés sur les fonds et les berges. Ils seront chargés à bord pour être transportés vers un lieu approprié à leur destruction ou leur recyclage.

5.1.2 Calculs

Nous avons défini les conditions de maintien en position de la grue pendant le transport et l'utilisation. Nous avons prévu l'utilisation d'anneaux de levage auxquels la grue

sera arrimée. Afin de déterminer la charge admissible des anneaux, nous avons pris en considération l'inclinaison maximale du ponton acceptable vis-à-vis de la stabilité.

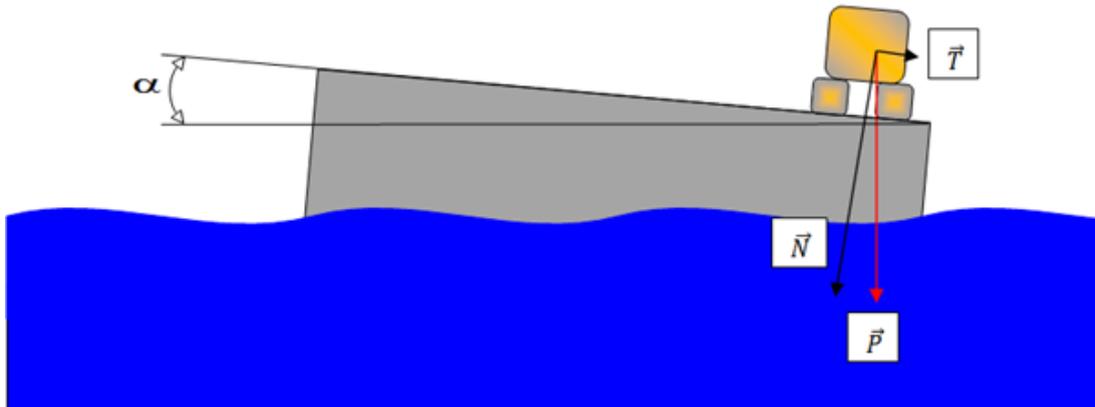


FIGURE 16 – Inclinaison maximale de la grue

Sur le schéma 16, on peut voir le ponton en position d'inclinaison maximale. Cette inclinaison est principalement due au positionnement de la grue à une extrémité. L'angle α est la mesure de cette inclinaison. Le poids \vec{P} permet de déterminer les composantes normales et tangentielles, et donc la charge minimale des anneaux de saisissage.

La grue sera maintenue en position par deux anneaux. Les anneaux de levage doivent donc avoir une C.M.U.¹ supérieure à la moitié de la force tangentielle (deux anneaux et élingues²). Notons que cette définition a été faite en supposant la grue arrimée à deux élingues, mais que dans les conditions d'utilisation imposées au conducteur, la grue sera arrimée sur trois anneaux. Ceci apportera la garantie, en cas d'incident sur l'un des anneaux, que la grue sera toujours arrimée convenablement.

Par la suite, il nous a fallu déterminer la position des anneaux de levage. Leur répartition doit permettre l'arrimage de la grue dans toutes les conditions d'exploitation possibles. La principale difficulté à prendre en compte est la bonne transmission des efforts dûs à la grue dans le pont. Dans cette attente, les anneaux de saisissage ont été positionnés aux intersections des cloisons transversales et des lisses de pont longitudinales. Ainsi, les

1. La C.M.U. (ou Charge Maximale d'Utilisation, exprimée en kilogrammes ou en tonnes) est la plus grande masse que le matériel de levage est autorisé à supporter en utilisation courante.

2. Voir glossaire

efforts seront directement transmis à la structure du ponton, qui a été dimensionnée à cet effet.

Pour finir, il nous fallait vérifier la résistance du pont au poinçonnement des chenilles. Celles-ci ont pour caractéristiques une résistance au sol de $0,52 \text{ kgf/cm}^2$, soit $0,05 \text{ MPa}$, et $5,192 \text{ t/m}^2$. Il s'agit donc d'une charge tout à fait admissible en prenant en compte celle pour laquelle nous avons dimensionné le navire.

5.2 Conception des pieux et des puits

Le système de pieux qui est mis en place sur le ponton-grue doit servir au maintien en position du ponton. Nous avons conçu les puits, les pieux, et le système de manipulation.

5.2.1 Données et choix

Afin de dimensionner les pieux, il est nécessaire de prendre en compte le bateau dans sa configuration la plus lourde, c'est-à-dire à pleine charge. L'estimation calculée précédemment évalue le ponton à environ 1500 tonnes.

Lors de l'établissement du contrat, il a été spécifié de répartir 4 pieux sur le ponton au lieu des 3 initialement demandés par le client. Cette modification permet une répartition plus avantageuse et qui n'encombrera pas le passage de la grue. Ils seront donc répartis à l'arrière du ponton.

Les puits assureront deux fonctions. Ils permettront le guidage des pieux avec un système de glissière. De plus ils isoleront la coque pour permettre la circulation des pieux dans l'eau.

5.2.2 Situation défavorable

Pour dimensionner les pieux, nous devons considérer la situation la plus défavorable afin de prendre en compte les efforts maximaux qu'ils devront supporter. Dans le cas présent, on considère le ponton en appui sur 2 pieux et seulement la moitié de la longueur

du navire supportée par les vagues. Cette situation est représentée sur la figure 17.

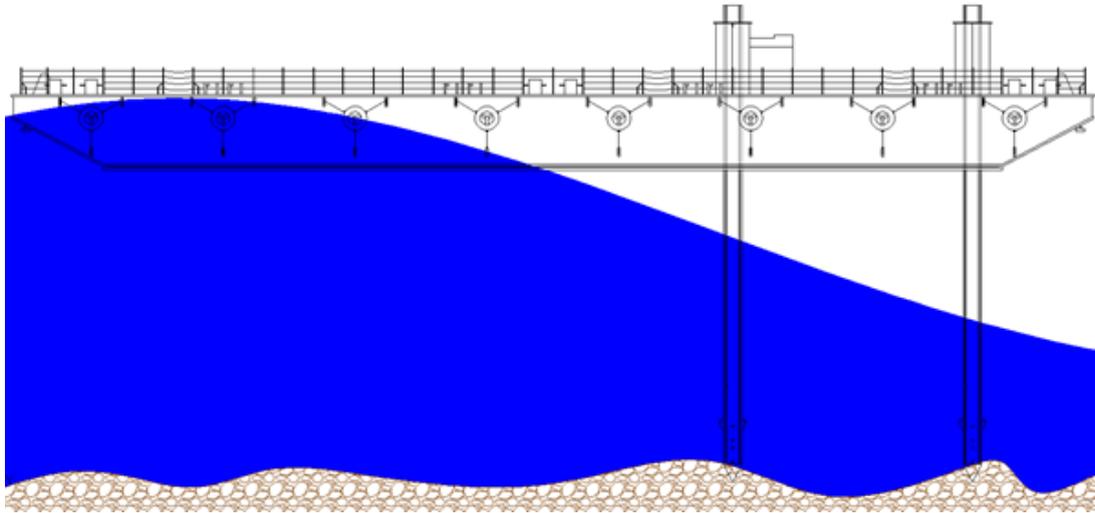


FIGURE 17 – Situation défavorable pour les pieux

5.2.3 Calcul

A partir de la masse du ponton, on peut déterminer les efforts appliqués aux pieux. Ensuite, nous avons défini la charge critique d'Euler. Nous devons trouver l'inertie des tubes pour que les pieux résistent au flambement, c'est-à-dire qu'ils ne se déforment pas sous l'effet de compression imposé aux pieux par le poids du ponton. Nous avons calculé que celle-ci doit être au moins égale à $100\,000\text{ cm}^4$. Nous avons donc choisi des tubes de diamètre extérieur 762 mm et de 10,31 mm d'épaisseur : leur inertie est bien supérieure à cette valeur minimale.

Les plats qui servent de raidisseurs aux pieux permettront aussi leur guidage dans les puits. Nous avons prévu l'utilisation de paliers en téflon dans lesquels les pieux coulisseront. La principale considération concernant les puits de pieux est la transmission des efforts à la structure. En effet, les pieux interrompent la continuité de la structure. Le schéma 18 représente la partie arrière du ponton.

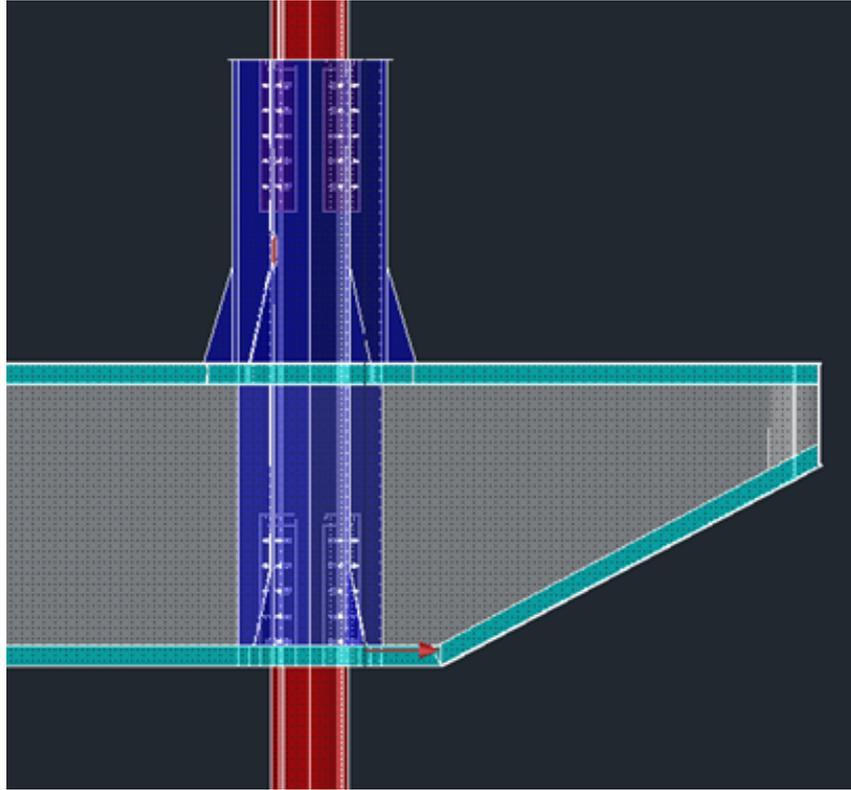


FIGURE 18 – Puits et son pieu

On voit les puits (en bleu), les pieux (en rouge), la coque (en gris), et les lisses de pont et de fond (en turquoise). Afin de transmettre convenablement les efforts des puits dans la structure, nous avons aménagé la position des lisses. Le schéma ci-après représente la répartition des raidisseurs autour des puits de pieux. On voit aussi les paliers en téflon (en rouge).

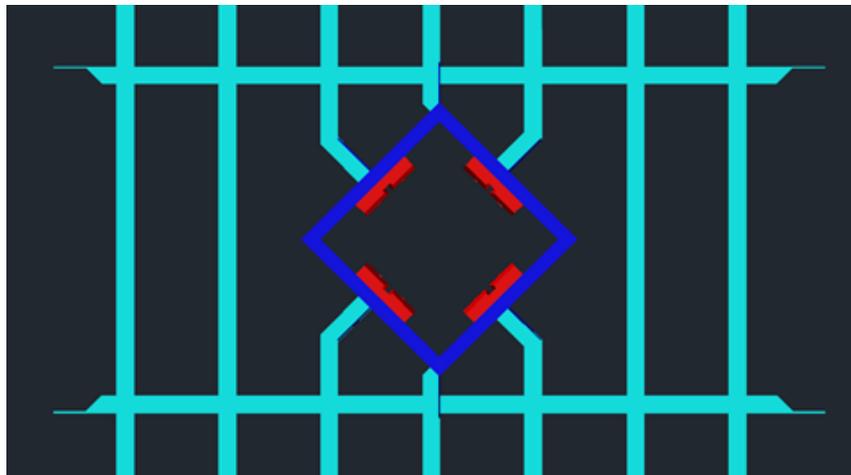


FIGURE 19 – Lisses autour des puits de pieux

Les lisses de pont et de fond ont été positionnées dans l'alignement des goussets³ des puits. Un raidisseur transversal a été ajouté pour assurer la transmission des efforts des lisses diagonales vers l'ensemble de la structure.

En position haute, les pieux seront maintenus par les treuils. Afin de diminuer les risques d'incident, nous avons décidé de mettre en place une goupille. Elle servira de sécurité. Cette goupille doit résister au cisaillement : elle sera en appui sur le puits de pieu, et devra supporter les efforts engendrés par le poids des pieux. Après calcul, nous avons choisi d'utiliser un tube rond et plein, de diamètre 50 mm et de 1,5 m de long.

5.3 Manipulation des pieux

Le système de manipulation des pieux, quant à lui, a fait l'objet de plusieurs études. Il est composé de treuils et d'élingues qui passent dans plusieurs réas.

Afin de dimensionner le système de manipulation, nous avons déterminé les efforts appliqués à chaque réa. Ensuite, nous avons vérifié la résistance des boîtes à réas et celle des soudures.

5.3.1 Choix

Pour maintenir l'équilibre des pieux, on utilise deux élingues et un treuil par pieu.

Pour garantir une bonne transmission des efforts dans les élingues entre le treuil et le pieu, nous avons mis au point un système composé de trois réas. En effet, la structure des puits n'est ni longitudinale, ni transversale, mais orientée à 45°. Afin que les efforts soient correctement transmis du treuil au réa vertical fixé sur le puits, il a été nécessaire de mettre des réas intermédiaires de renvoi.

Étant donné que les pieux devront descendre en position basse par gravité, il est nécessaire qu'ils ne soient pas étanches. Ils sont troués pour que l'eau puisse pénétrer et

3. Voir glossaire

circuler à l'intérieur. Cela permet aux pieux de couler pour prendre appui sur le fond. Ces trous permettent aussi l'évacuation de l'eau lors de la remontée.

La vitesse de remontée des pieux doit être lente. Sinon, les treuils seront soumis à des efforts supplémentaires dus à la masse d'eau à déplacer. Le schéma 20 représente la circulation d'eau pendant la remontée.

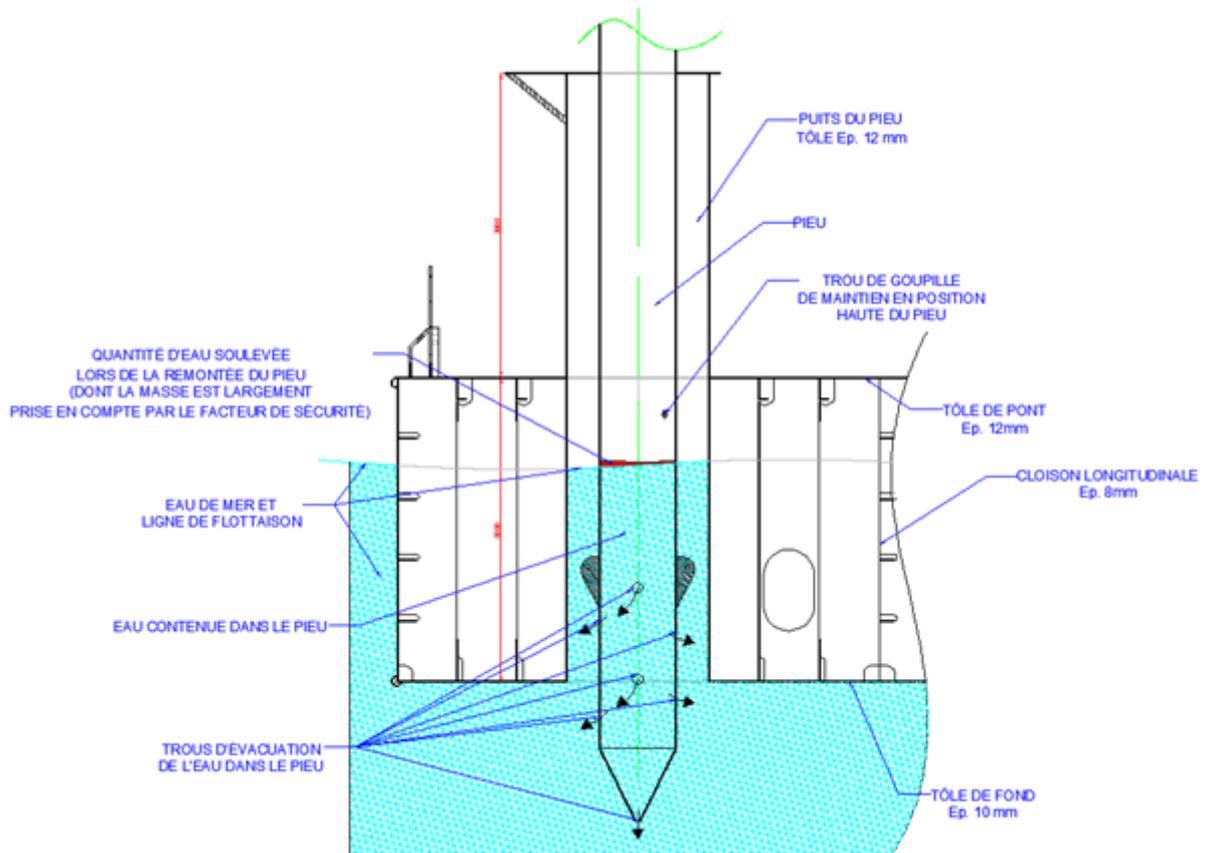


FIGURE 20 – Principe de manipulation des pieux

5.3.2 Calcul des efforts appliqués aux réas

Une fois les pieux dimensionnés, nous pouvons déterminer le poids de chacun :

TABLEAU XIV – Données pour le calcul de la masse des pieux

Composant	Caractéristiques	Masse linéaire
Tube de pieu	diamètre extérieur 762mm et de 10,31 mm d'épaisseur, long de 20m	191kg/m
4 raidisseurs du pieu	50 mm par 10, long de 19m	3,93m

On trouve une masse de 4,12 tonnes pour un pieu.

Comme nous l'avons dit, chaque pieu est manipulé par deux élingues, lesquelles devront donc soulever une masse de 2,06 tonnes. Cette masse correspond à une force de 20,21kN appliquée au système.

Les réas sont au nombre de 6 pour la manipulation d'un pieu, soit 3 par élingue. Les schémas 21, 22 et 23 représentent leurs positions :

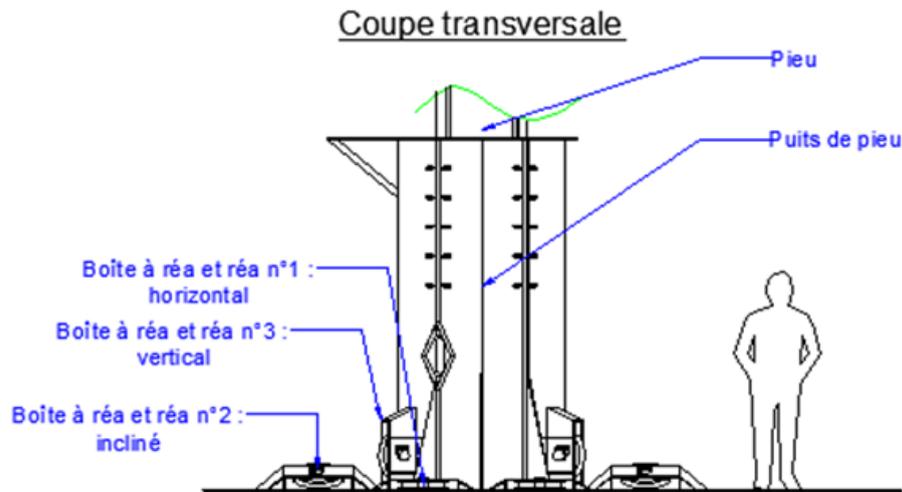


FIGURE 21 – Position des réas sur une coupe transversale

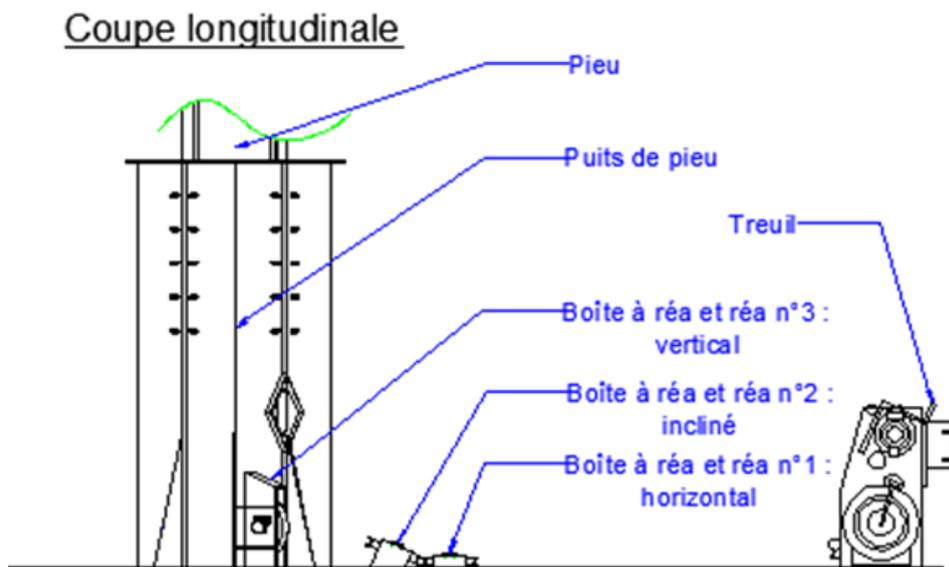


FIGURE 22 – Position des réas sur une coupe longitudinale

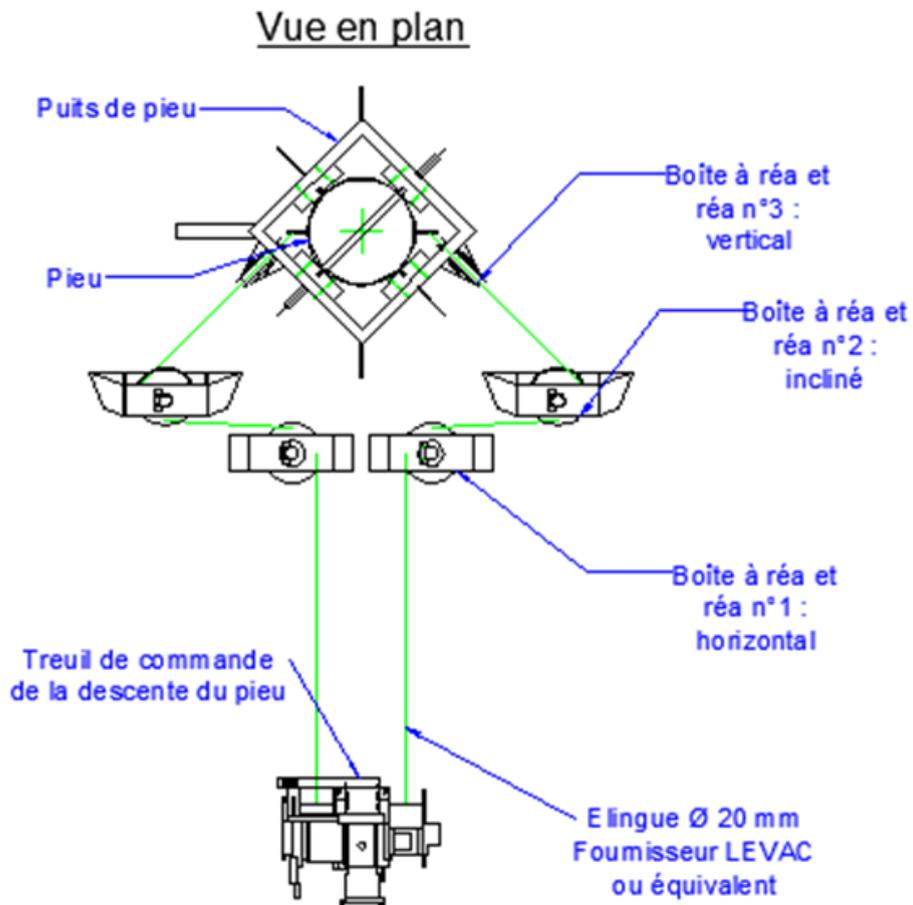


FIGURE 23 – Position des réas sur une vue plan

Au vu de leur position, il est nécessaire de déterminer la force appliquée à chacun des réas. On prendra en compte la composition des forces et le rendement de chaque réa. Le tableau XV récapitule les forces appliquées sur chaque réa.

TABLEAU XV – Forces appliquées aux réas

Réa		Force en entrée (kN)	Rendement	Force en sortie (kN)	Force globale (kN)
N° 3	Vertical	20.21	0.96	21.05	32.67
N° 2	Incliné	21.05	0.96	21.93	39.04
N° 1	Horizontal	21.93	0.96	22.84	31.10

Les forces globales ont été mesurées graphiquement.

Ces efforts seront appliqués non seulement aux réas, mais aussi aux axes qui les maintiendront en position dans les boîtes. Ces axes sont cylindriques, nous avons déterminé leur rayon.

Pour ce faire, nous disposons notamment de la contrainte maximale admissible. Le matériau étant de l'acier, cette contrainte est généralement de 240 MPa. Cependant, afin de prendre en compte les non linéarités géométriques et du matériau, nous prenons en compte une contrainte $\sigma = 100$ MPa.

On détermine donc un rayon minimal de 13mm à partir de l'effort maximal et on applique un coefficient de sécurité satisfaisant.

Ensuite, il conviendra de s'assurer de la bonne transmission des efforts entre les axes des réas et les tôles des boîtes à réas, ainsi que la résistance des soudures.

Plusieurs autres éléments ont été réalisés au cours de ce projet : le système d'assèchement, le dimensionnement de la cabine de descente qui est l'unique superstructure du ponton, le système de portes étanches, etc. Ces travaux ne sont pas détaillés ici. Le travail accompli pour les définir a globalement été déjà décrit ci-dessus.

6 L'étude de stabilité

La stabilité du bateau doit être vérifiée afin de garantir la sécurité de l'équipage qui exploitera le ponton-grue. L'étude de stabilité vérifie la flottaison du navire en fonction de son inclinaison. Elle est décrite dans un dossier qui présente chacune des situations les plus défavorables dans lesquelles peut se trouver le navire. Le rapport doit être approuvé par l'organisme de contrôle.

6.1 Généralités

6.1.1 Principe

Toute étude de stabilité doit présenter plusieurs cas d'étude. Chaque cas doit satisfaire aux critères de la réglementation en vigueur. Ces critères sont déterminés en fonction du type de navire et ne sont pas les mêmes pour un bateau à passagers ou un bateau de service.

Pour commencer, il faut identifier les situations les plus défavorables au regard de la stabilité. On entend par situations défavorables celles qui représentent les plus mauvaises conditions de flottaison. Elles doivent être représentatives de l'ensemble des autres situations.

Le dossier présente des informations précises. Pour chaque situation, il faut :

- définir la situation étudiée,
- présenter le devis de poids considéré,
- calculer la position du centre de gravité,
- établir les caractéristiques de flottaison du navire.

Ensuite, il convient de vérifier la conformité de chaque situation. Les résultats sont présentés de manière synthétique dans le rapport de stabilité soumis au bureau de contrôle.

Souvent plusieurs illustrations sont jointes au dossier pour représenter de manière schématique les conditions étudiées.

6.1.2 Logiciels

L'étude est désormais réalisée à l'aide de logiciels informatiques spécialisés. Il est possible de faire ces calculs à la main, mais la démarche est fastidieuse. Il est avantageux et beaucoup plus rapide de pouvoir simuler ces situations sur ordinateur.

Nous utilisons les logiciels Model Maker et Autohydro de la société AUTOSHIP Systems Corporation dont l'entreprise ANIE-2R a acquis la licence d'exploitation.

Le premier logiciel est celui utilisé pour la modélisation du ponton. On y définit plusieurs éléments :

- La densité de l'eau,
- Les formes du navire,
- La position des compartiments étanches,
- Le taux de perméabilité¹ de chaque compartiment.

Il est à noter que ce taux de perméabilité est variable en fonction de l'encombrement disponible dans le compartiment ainsi que de certains matériaux qui peuvent être ajoutés pour améliorer la flottabilité (mousse expansive par exemple).

Le logiciel Autohydro, quant à lui, est celui sur lequel les situations sont simulées et les résultats obtenus. Il permet l'importation de la modélisation du navire faite sur Model Maker et des données préalablement renseignées. Il est nécessaire de coder un fichier des commandes que l'on veut voir exécutées. Ces commandes imposent au logiciel l'ordre des calculs à effectuer.

Pour une étude de stabilité classique, la première étape est de fournir au logiciel les informations qui lui sont nécessaires, dont la répartition des poids et la position des points d'envahissement où l'eau peut entrer dans le navire.

1. Voir glossaire

En premier lieu, ce sont les caractéristiques du navire à flot qui nous intéressent :

- tirant d'eau² et franc-bord³,
- déplacement pleine charge,
- gîte⁴ et assiette⁵,
- position des points d'envahissement,
- etc...

Ensuite on force l'inclinaison du navire entre 0 et 90°. Le logiciel simule cette situation et calcule, pour chaque inclinaison, un grand nombre d'informations dont la position des centres de carène et de gravité, ainsi que la distance entre l'eau et les points d'envahissement. Ces données permettent notamment d'obtenir les bras de levier de redressement.

On obtient alors les résultats des calculs effectués par le logiciel. Il convient ensuite de vérifier la conformité de ces résultats aux critères réglementaires.

6.2 Éléments de l'étude

6.2.1 Devis de poids

Le devis de poids recense la masse et la position de tous les éléments intervenant dans une situation donnée. Il est établi pour chacun des cas étudiés dans l'étude de stabilité. Dans certaines circonstances, les principales caractéristiques (masse et position du centre de gravité) peuvent être fournies par une pesée. Cependant, le ponton n'est pas encore construit au moment de cette étude et c'est par le calcul que nous devons le déterminer. Il est primordial d'accorder une attention particulière à ce travail, car il permet de connaître les coordonnées du centre de gravité du navire. Celui-ci doit être aussi proche de la réalité que possible : une expérience de stabilité sera effectuée par l'organisme de contrôle pour confirmer la validité de ces informations, la marge d'erreur admissible est de seulement 2%.

2. Voir glossaire

3. Idem

4. Idem

5. Idem

Le premier élément à considérer est le ponton. Son devis de poids est établi en prenant en compte la masse de chacun des composants du ponton, mais aussi tout ce qui sera chargé à bord lors de l'exploitation. Ainsi, le premier travail a été de recenser tous les éléments. Nous les avons organisés en quatre catégories : la structure, la descente d'accès au magasin, le système de pieux, et tous les autres équipements (treuils d'ancre, peinture, groupe électrogène, etc.)

Pour déterminer les coordonnées du centre de gravité des éléments du ponton, nous avons utilisé la modélisation 3D dans laquelle figurent tous les composants. Elle a été réalisée sur Autocad où l'on peut mesurer les coordonnées d'un solide ou d'une surface par rapport à une origine définie.

Le tableau ci-dessous est le devis de poids récapitulatif du ponton lège.

TABLEAU XVI – Devis de poids du ponton lège

	Masse (kg)	Coordonnées du centre de gravité		
		x (m)	y (m)	z (m)
Structure coque	306807.936	21.848	0.000	1.725
Système de pieux	35497.249	35.014	0.000	6.658
Descente magasin	6781.789	31.267	1.776	3.146
Autres équipements	45014.859	22.516	0.028	1.648
TOTAL	394101.834	23.272	0.034	2.185

Une fois obtenues les informations relatives au ponton lège, nous devons déterminer et limiter les différentes masses qui interviendront dans la stabilité.

Les autres poids intervenant dans la stabilité du ponton-grue sont :

- L'équipage,

- La grue,
- La charge de la grue,
- Le ballast,
- La charge en pontée.

Pour établir les caractéristiques de l'équipage, on compte une masse moyenne de 75 kg par personne et un centre de gravité à 1,10 m au dessus du sol. Les masses de la grue et de la charge sont différenciées pour bien prendre en compte leurs positions respectives. La charge maximale est prise avec une flèche de 12,19 m et une portée de 3,70 m autour de la grue. La masse de ballast est strictement limitée à 45 tonnes puisqu'elle est nécessaire et suffisante pour annuler l'assiette du ponton créée par la présence de la grue.

Le dernier élément à considérer est la charge en pontée. L'étude de stabilité du navire doit être faite avec et sans cette charge : il faut prendre en compte que le ponton partira à vide, et qu'il reviendra chargé. Nous étudions donc le ponton en conditions de départ (sans charge en pontée), mais aussi en conditions d'arrivée (avec la charge en pontée). Dans le cas présent, la charge en pontée a été limitée à 650 tonnes.

On peut alors calculer le devis de poids de chacune des situations défavorables qui sont étudiées. Le devis de poids présenté sur le tableau XVII présente le récapitulatif d'un des cas étudié.

TABLEAU XVII – Devis de poids récapitulatif d'un des cas étudié

CAS B.2-b :	Masse (kg)	Coordonnées du centre de gravité		
		x (m)	y (m)	z (m)
CA pr Mt max				
Ponton équipé	394101.83	23.272	0.034	2.185
Équipage	750.00	25.323	1.801	3.925
Grue	47265.00	5.326	5.530	4.693
Charge grue	55000.00	5.326	9.23	16.308
Charge en pontée	650000.00	22.50	0.000	4.272
Ballast	45000.00	37.104	8.800	
TOTAL	1192116.83	21.84	0.66	4.32

Le schéma ci-dessous représente ces masses et leur répartition sur le ponton, mesurée par rapport à l'origine :

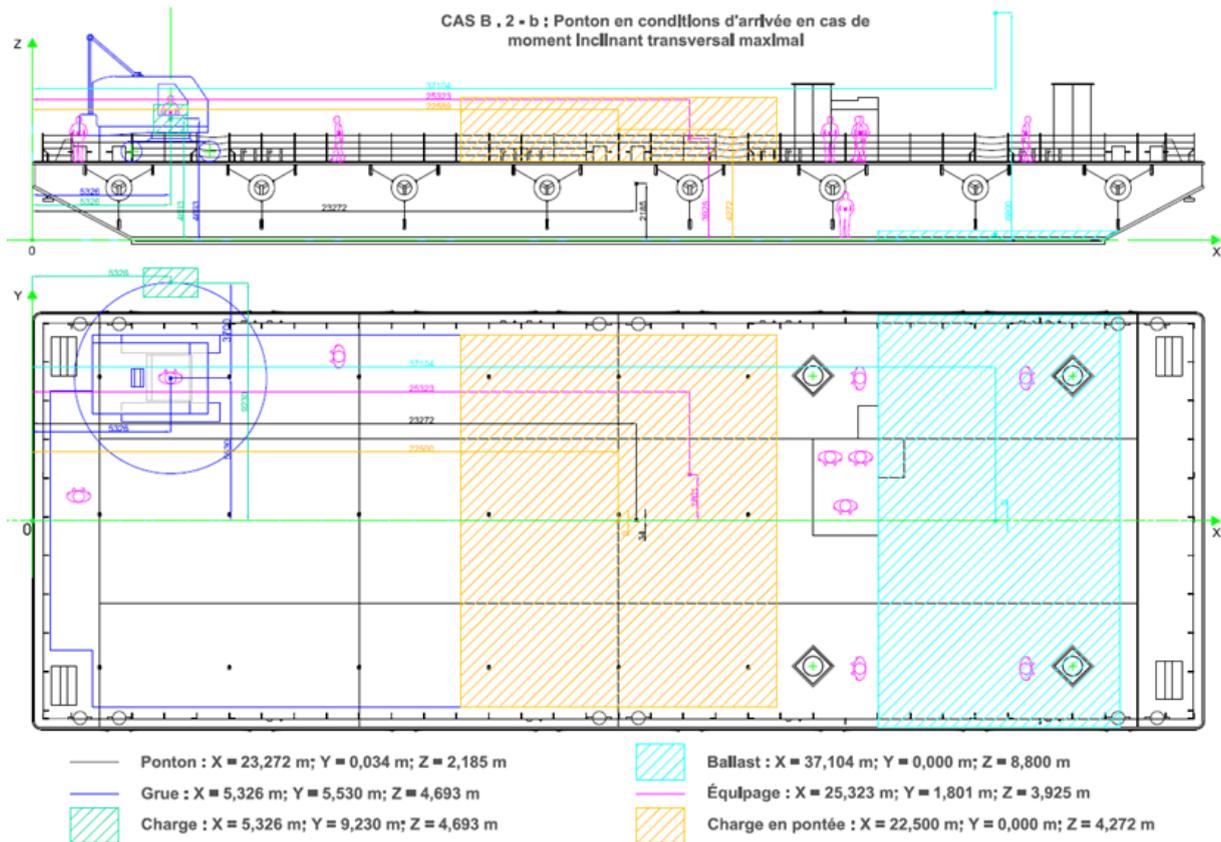


FIGURE 24 – Répartition des masses

6.2.2 Situations défavorables

Les situations les plus défavorables au regard de la stabilité sont choisies pour définir l'ensemble des conditions de navigation du ponton.

La première situation à vérifier est l'étude de la stabilité du ponton lège. Ensuite, nous vérifierons la stabilité du ponton chargé de la grue, avec le ballast en condition de départ, puis, en condition d'arrivée.

Pour finir, nous devons définir les situations les plus défavorables induites par la charge de la grue. Nous avons déterminé, grâce à l'abaque de la grue American Hoist 5299 A, le plus grand moment inclinant créé par la charge. Il est obtenu pour la portée minimale, avec la charge de 55 tonnes. Ensuite, nous décidons d'étudier 3 cas de positionnement de la charge :

- Lorsque la charge induit un moment inclinant longitudinal maximal,
- Lorsqu'elle induit un moment inclinant transversal maximal,
- Lorsqu'elle est à son point d'accroche le plus haut.

Ainsi, nous venons de déterminer 9 cas d'étude :

- Cas A - 1 : Stabilité du ponton lège
- Cas A - 2 : Stabilité en condition de départ (ponton, équipage, grue, ballast)
- Cas A - 3 : Stabilité en condition d'arrivée (ponton, équipage, grue, ballast, charge en pontée)
- Cas B - 1) a : Stabilité en condition de départ pour un moment inclinant longitudinal maximal (ponton, équipage, grue, ballast, charge manutentionnée longitudinale)
- Cas B - 1) b : Stabilité en condition de départ pour un moment inclinant transversal maximal (ponton, équipage, grue, ballast, charge manutentionnée transversale)
- Cas B - 1) c : Stabilité en condition de départ en cas de hauteur maximale du point d'accroche (ponton, équipage, grue, ballast, charge manutentionnée haute)
- Cas B - 2) a : Stabilité en condition d'arrivée pour un moment inclinant longitudinal maximal (ponton, équipage, grue, ballast, charge manutentionnée longitudinale, charge en pontée)

- Cas B - 2) b : Stabilité en condition d'arrivée pour un moment inclinant transversal maximal (pontonn, équipage, grue, ballast, charge manutentionnée transversale, charge en pontée)
- Cas B - 2) c : Stabilité en condition d'arrivée en cas de hauteur maximale du point d'accroche (pontonn, équipage, grue, ballast, charge manutentionnée haute, charge en pontée)

Le tableau XVIII liste les éléments en présence pour chaque cas d'étude :

TABLEAU XVIII – Éléments présents pour chaque cas d'étude

Cas	Situation	Pontonn	Équipage	Ballast	Grue	Charge grue	Charge en pontée
Cas A - 1	Pontonn léger	X					
Cas A - 2	Pontonn en condition de départ (CD)	X	X	X	X		
Cas A - 3	Pontonn en condition d'arrivée (CA)	X	X	X	X		X
Cas B - 1) a	Pontonn CD pour moment longitudinal max	X	X	X	X	X	
Cas B - 1) b	Pontonn CD pour moment transversal max	X	X	X	X	X	
Cas B - 1) c	Pontonn CD en cas de hauteur de charge	X	X	X	X	X	
Cas B - 2) a	Pontonn CA pour moment longitudinal max	X	X	X	X	X	X
Cas B - 2) b	Pontonn CA pour moment transversal max	X	X	X	X	X	X
Cas B - 2) c	Pontonn CA en cas de hauteur de charge	X	X	X	X	X	X

Il est à noter que seuls les cas A - 1, 2 et 3 sont réglementaires. La grue étant sur chenilles, le B.V. ne la considère pas comme un équipement du pontonn. Cependant, puisqu'elle sera arrimée au navire, le bureau de contrôle doit tout de même s'assurer de sa stabilité. Voici un extrait de la dernière note technique du B.V. concernant la grue :

”Il appartient à l'armateur de respecter les préconisations du constructeur pour éviter le basculement de la grue, notamment respecter les gîtes et assiettes maximales fournies par le constructeur de grue, ainsi que l'abaque de charge réduite pour tenir compte des accélérations liées à la mer.”

Ainsi, l'influence de la charge de la grue représentée dans les cas B n'est pas strictement obligatoire. Mais nous réaliserons ces études pour garantir la sécurité de l'équipage exploitant le pontonn.

6.2.3 Critères réglementaires

Nous distinguons donc les critères réglementaires obligatoires des critères complémentaires. Mais afin de les comprendre nous expliquerons la courbe des bras de levier de redressement sur laquelle nous étudions la stabilité.

6.2.3.1 Courbe des bras de levier de redressement

Un navire qui flotte subit deux forces égales et opposées qui constituent un couple : son poids, et les forces de flottaison, ou poussée d'Archimède. Le moment de redressement ("des bras de levier") qui le caractérise est fonction de la distance entre les points d'application. Chacune de ces forces est appliquée en un point : G, le centre de gravité du navire pour le poids, et B, le centre de carène qui est le centre de poussée des forces de flottaison.

Lorsque un bateau est à l'horizontale, ces points sont alignés l'un au dessus de l'autre comme le montre le schéma ci-dessous :

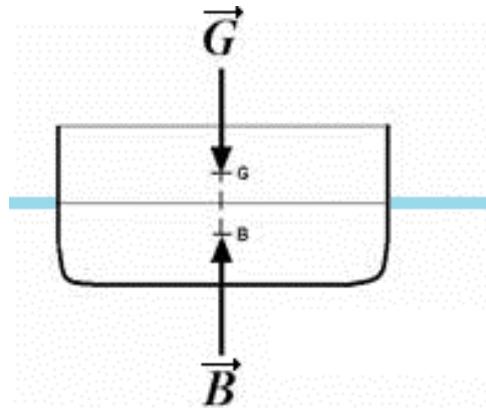


FIGURE 25 – Navire en flottaison droite

Lorsque le navire s'incline, ces points ne sont plus alignés. Le bras de levier est la distance horizontale entre le point G et Z, sa projection sur la droite verticale passant par B. La distance GZ représente le bras de levier, et figure en bleu sur le schéma ci-dessous :

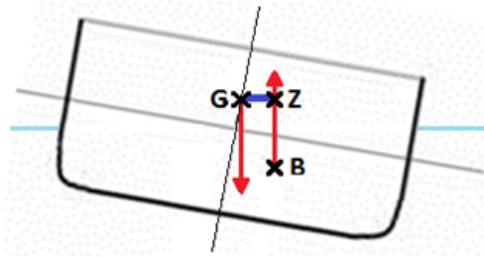


FIGURE 26 – Navire incliné

La courbe des bras de levier de redressement est représentée sur le schéma ci-dessous où les angles d'inclinaison du navire sont en abscisse, et les bras de levier GZ en ordonnée :



FIGURE 27 – Courbe des bras de levier de redressement

Pour valider la stabilité du navire, on étudie plusieurs critères qui seront observables sur la courbe des bras de levier.

6.2.3.2 Critères réglementaires obligatoires

Il y a trois critères réglementaires obligatoires :

- l'angle d'inclinaison du ponton dû à la pression du vent, θ_v , qui doit être inférieur

- à la moitié de l'angle d'inclinaison du ponton au moment du contact du livet⁶, θ_L , avec le niveau de l'eau,
- l'aire sous la courbe des bras de leviers de redressement au bras de levier maximal, A_{MAX} , doit être supérieure à 0,8 m.rad,
- l'angle de perte de stabilité, θ_S , doit être supérieur à 20°.

Le bras de levier correspondant à la pression du vent permet de déterminer l'angle θ_v . L'angle d'immersion du livet est donné par le logiciel. L'angle de perte de stabilité, θ_S , correspond à l'élément intervenant en premier entre l'envahissement, θ_F , et l'apparition des bras de leviers négatifs.

Le schéma 28 représente ces critères sur la courbe des bras de levier de redressement.



FIGURE 28 – Critères réglementaires

Pour plus de lisibilité du premier critère, la zone entourée de rouge a été agrandie ci-dessous :

6. Voir glossaire



FIGURE 29 – Agrandissement des critères réglementaires

On a représenté l'angle θ_v et la moitié de l'angle θ_L , ainsi on peut les comparer.

De plus, sur la figure 28, on voit que l'apparition des bras de levier négatifs se fait à presque 60° , alors que l'envahissement a lieu à $27,5^\circ$ environ. Ainsi, on détermine que θ_S est égal à θ_F , et on peut le comparer aux 20° réglementaires.

Le calcul de l'aire A_{MAX} nous permet de déterminer si oui ou non, le critère sera validé.

6.2.3.3 Critères complémentaires

Il y a quatre critères complémentaires :

Soit C le point d'intersection entre la courbe des bras de levier correspondant à la manutention de la charge et la courbe des bras de levier de redressement du ponton.

- Le bras de levier correspondant au point C, GZ_C , doit être inférieur à 60% de GZ_{MAX} ,
- L'angle θ_C doit être inférieur à 15° ,
- L'aire A1 délimitée par la courbe des bras de levier de redressement et la courbe des bras de levier correspondant à la manutention de la charge doit être supérieure à 40% de l'aire totale sous la courbe des bras de levier de redressement, A_{TOT} ,
- Le franc bord résiduel après application du moment dû à la pression du vent, FB_R , doit être supérieur à 0,30m.

Soit b le bras de levier correspondant à la manutention de la charge. On a :

$$b = (M_C.d)/\Delta \quad (1)$$

Où M_C est la masse manutentionnée et d est la distance du point d'accroche de la charge par rapport au centre du ponton. La courbe des bras de levier correspondant à la manutention de la charge a pour équation :

$$f(\theta) = b.\cos(\theta) \quad (2)$$

Les aires A_1 et A_{TOT} sont mesurées jusqu'à θ_S . Le franc bord résiduel est donné par le logiciel.

On peut voir sur le schéma 30 chacun de ces éléments. Il représente la courbe des bras de levier de redressement de la stabilité à l'état intact pendant la manutention de la charge :

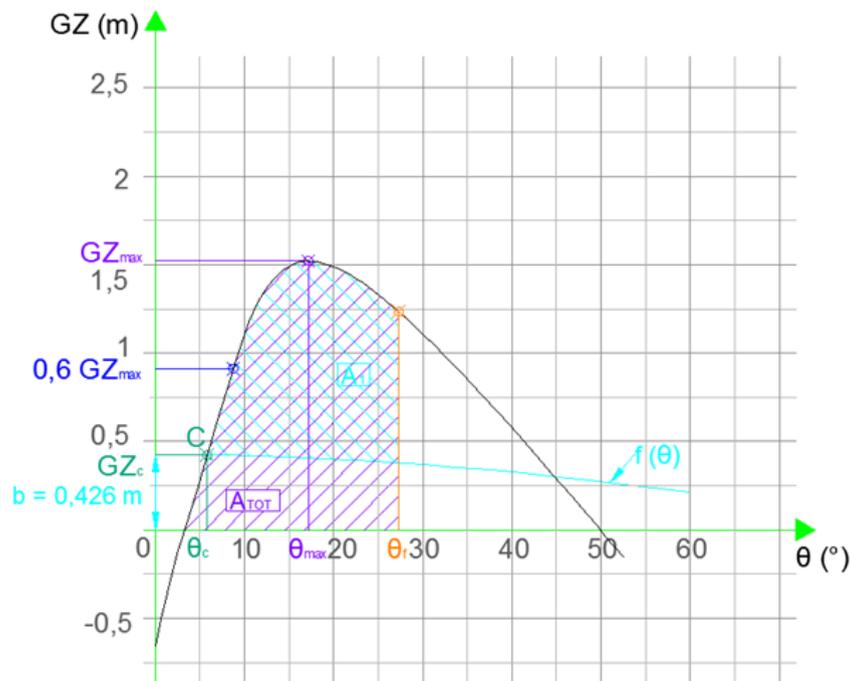


FIGURE 30 – Stabilité pendant la manutention de la charge

Sur cette représentation, on vérifie aisément les critères concernant l'angle θ_C et le bras de levier GZ_C . On peut mesurer les aires A_1 et A_{TOT} , ce qui nous permet de vérifier la validation du critère les concernant.

Le dernier critère concernant le franc-bord résiduel n'est pas déterminé graphiquement, son obtention est possible directement avec le logiciel.

6.3 Dossier de stabilité du ponton

6.3.1 Calculs relatifs aux différents cas

Comme nous l'avons vu, un certain nombre de calculs doivent être effectués pour vérifier le respect des critères de stabilité. Le principal est le calcul du moment dû à la pression du vent.

Pour calculer le moment inclinant dû à la pression du vent, il faut déterminer la surface de fardage, qui correspond à la surface de prise au vent. Celle-ci est fonction de la hauteur de flottaison, et donc elle varie d'un cas de chargement à l'autre. Dans le calcul du moment, nous utilisons la distance L_V entre le centre de gravité de la surface de fardage (Z_{CDGSF}) et la moitié du tirant d'eau. Cette donnée varie aussi d'un cas d'étude à l'autre. En revanche, on considère une pression du vent constante et égale à $0,54 \text{ kN/m}^2$, correspondant à une vitesse de 30 m/s . Dans certaines zones de navigation, on peut utiliser une pression du vent plus forte pour prendre en compte les rafales.

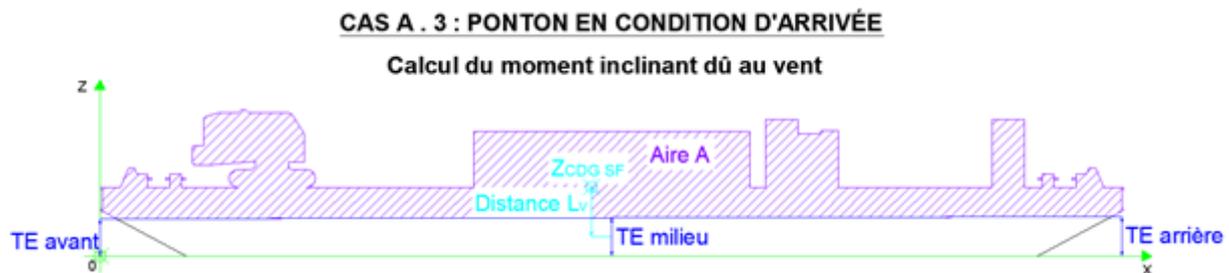


FIGURE 31 – Surface de fardage

L'illustration ci-dessus fait apparaître la surface de fardage prise en compte (Aire A), en fonction du tirant d'eau (TE) et la distance L_V . Le moment dû à la pression du vent n'est autre que le produit de la surface, de la distance L_V , et de la pression du vent.

6.3.2 Résultats

L'une des premières difficultés rencontrées a été de déterminer la masse maximale de la charge en pontée. Le problème doit être pris à l'envers : on détermine la charge maximale admissible, afin que les critères de stabilité soient toujours satisfaits. Il faut un certain nombre d'itérations avant de trouver un résultat qui satisfasse tous les cas étudiés. En fin de compte, ce sont les conditions de stabilité qui limitent la charge en pontée. Comme nous l'avons déjà dit, la charge en pontée ne devra jamais dépasser 650 tonnes.

Ainsi, nous nous sommes assurés de la validité de tous les critères de stabilité. Les tableaux XIX et XX ci-après récapitulent les critères réglementaires et complémentaires dans certains des cas étudiés.

TABLEAU XIX – Critères réglementaires, Cas A

Critères réglementaires	Critères réglementaires		exigé	cas A - 1	Cas A - 2	cas A - 3
	Aire sous la courbe des bras de levier de redressement jusqu'à θ_{MAX}	A_{MAX}	> 0,08 m.rad	1,472 m.rad	1,217 m.rad	0,441 m.rad
	Angle de stabilité statique	θ_S	> 20 °	> 50 °	> 50 °	27,21 °
	Angle d'immersion du livet	θ_L	/	23,33 °	19,84 °	8,99 °
	Angle d'inclinaison correspondant au moment induit par la pression du vent	θ_V	> $\theta_L / 2$	0,1 °	0,10 °	0,08 °

On voit dans le tableau XX le critère limitant en bleu : cette situation est la plus défavorable de toutes. Elle représente le cas où la charge de la grue induit un moment transversal maximal quand le bateau est en condition d'arrivée (avec charge en pontée). Si nous avons pris une charge en pontée plus grande, l'immersion du livet interviendrait trop tôt pour que le critère soit satisfait.

TABLEAU XX – Critères réglementaires et complémentaires, Cas B-2

Critères réglementaires	Critères réglementaires		exigé	cas B - 2 . a	cas B - 2 . b	cas B - 2 . c
	Aire sous la courbe des bras de levier de redressement jusqu'à θ_{MAX}	A_{MAX}	$> 0,08$ m.rad	0,351 m.rad	0,222 m.rad	0,236 m.rad
	Angle de stabilité statique	θ_S	$> 20^\circ$	28,65 °	27,32 °	27,33 °
	Angle d'immersion du livet	θ_L	/	6,92 °	7,67 °	7,66 °
	Angle d'inclinaison correspondant au moment induit par la pression du vent	θ_V	$> \theta_L / 2$	0,70 °	3,32 °	2,36 °
	Vérifications complémentaires relatives à l'utilisation de la grue					
Vérifications complémentaires	Angle d'intersection entre la courbe des bras de levier et la courbe des bras de levier correspondant à la manutention de la charge	θ_C	$< 15^\circ$	1,09 °	5,82 °	3,81 °
	Bras de levier maximal	GZ_{MAX}	/	1,95 m	1,52 m	1,63 m
	Bras de levier de l'intersection entre la courbe des bras de levier et la courbe des bras de levier correspondant à la manutention de la charge	GZ_C	$< 0,6 . GZ_{MAX}$	0,095 m	0,423 m	0,254 m
	Franc-bord résiduel	$F_{RÉS}$	≥ 30 mm	0,876 m	0,611 m	0,747 m
	Aire totale sous la courbe des bras de levier jusqu'à θ_S	A_{TOT}	/	0,72 m.rad	0,45 m.rad	0,52 m.rad
	Aire comprise entre la courbe des bras de levier et la courbe des bras de levier correspondant à la manutention de la charge jusqu'à θ_S	A_I	$\geq 0,4 . A_{TOT}$	0,68 m.rad	0,30 m.rad	0,42 m.rad

6.3.3 Les éléments du rapport de stabilité

Le dossier de stabilité doit présenter un certain nombre d'informations précises :

- Les généralités concernant le bateau et ses caractéristiques,
- L'origine des informations relatives à la forme et aux dimensions du bateau,
- Le déroulement du calcul et la réglementation appliquée,
- La définition précise de la carène du navire,
- Les caractéristiques du navire léger et le moyen d'obtention des informations,
- Les caractéristiques de tous les poids intervenant dans la stabilité,

- Les différentes situations d’exploitation et de cas d’étude,
- L’étude de chacun des cas,
- Le récapitulatif de chaque cas au regard des critères de stabilité,
- Les limites et conditions d’exploitation qui devront être respectées.

On joint au dossier de stabilité des documents complémentaires. Ces plans et séries de données sont envoyés à l’organisme de contrôle pour définir la flottaison du ponton dans toutes les circonstances. Pour finir, il faut rédiger des instructions au capitaine. Celles-ci doivent permettre à l’armateur de calculer et d’utiliser toutes les informations présentes dans le rapport. Lors de l’utilisation courante du ponton, il sera rare que la situation soit exactement l’une de celles présentées dans le rapport. Afin que le capitaine puisse assurer la sécurité de son navire et de son équipage, il doit être à même de déterminer le poids du navire, la position du centre de gravité, et le respect de la stabilité. Les instructions fournissent la méthode de calcul pour s’assurer, avant chaque départ, du respect de tous les éléments règlementaires.

L’étude de stabilité permet donc la vérification de la sécurité du navire. Beaucoup de cas sont envisagés, afin de prévoir l’ensemble des situations réelles dans lesquelles le navire pourra se trouver. Le dossier résume toutes les données utiles et nécessaires pour permettre l’exploitation du ponton dans de bonnes conditions. L’ensemble des documents sera mis à disposition de chacun des intervenants, lorsque le dossier aura été approuvé par le B.V.

Nous avons décrit ici les principaux éléments techniques réalisés pour ce projet. Certains n’ont pas été abordés. La démarche mise en œuvre pour leur conception est comparable à ce qui a été explicité ici. Nous avons donc vu une partie des travaux de conception et de dimensionnement. Nous avons aussi détaillé la démarche nécessaire à la vérification de la stabilité du ponton. Cette étude est spécifique au travail d’architecture navale.

Troisième partie

PHASE DE FIN DE PROJET

Sommaire

7	Validation	93
7.1	Approbation du client	93
7.2	Homologation du Bureau Veritas	95
7.3	Validation du responsable	98
8	Résultats	99
8.1	La définition du navire	99
8.2	L'homologation provisoire	104
8.3	Validation des objectifs	105
9	Capitalisation	107
9.1	Considérations organisationnelles	107
9.2	Considérations économiques	110
9.3	Considérations techniques	112

Tout le travail technique a été accompli, le projet touche à sa fin. Nous allons maintenant vérifier que les objectifs ont été atteints et que la réalisation est conforme. Tant que l'on n'a pas obtenu l'approbation, le projet n'est pas terminé.

Pour clôturer le projet, nous réaliserons un bilan et nous présenterons les résultats. Nous voulons identifier nos forces, nos faiblesses, et nos possibilités d'amélioration.

Nous présenterons :

- La validation du projet par chacune des parties et les modifications mises en œuvre pour l’obtenir,
- Les résultats du travail accompli et le ponton-grue tel qu’il a été conçu,
- La dernière étape du projet qui est la capitalisation.

Nous commençons par décrire l’obtention de la validation du projet.

7 Validation

Pour obtenir l’approbation des différents intervenants, ils ont été consultés régulièrement. C’est au travers de la validation des livrables que nous avons pu satisfaire aux exigences du client et de la réglementation. Cependant, certaines modifications ont dû être effectuées. Le schéma présenté sur la figure 32 illustre ce déroulement.

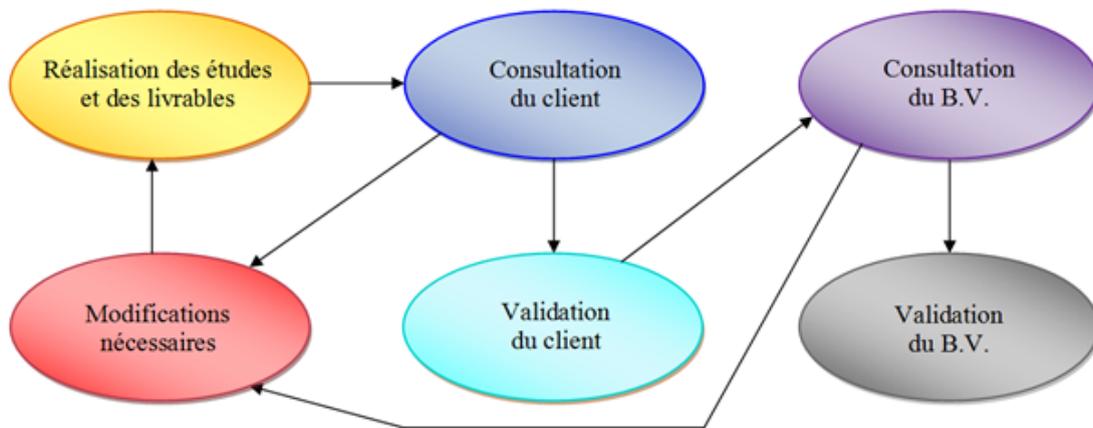


FIGURE 32 – Déroulement de la validation

La démarche présentée est répétée jusqu’à l’obtention de la validation finale par le B.V..

7.1 Approbation du client

Comme nous l’avons dit au début de ce document, le client a été consulté régulièrement au cours de la réalisation du projet. Selon un planning prédéfini, et dès qu’un ensemble

de livrables était produit, nous l'avons fait parvenir au client. Par exemple, au cours de la réalisation de l'avant projet, le client a été consulté à deux occasions. Nous lui avons envoyé les plans généraux puis les plans de structure. A chaque fois, il devait approuver ces documents ou nous faire part de ses demandes, comme l'échange de certains profils intervenant dans la structure afin de faciliter son approvisionnement en matériaux. Nous pouvions alors poursuivre notre travail de réalisation et consulter le bureau de contrôle.

Cette démarche permet de s'assurer de la bonne direction du travail. L'objectif est de ne pas avoir à revenir ultérieurement sur des travaux déjà réalisés. Cependant, il est arrivé que le client demande des modifications au lieu d'approuver les documents en sa possession. Au cours de l'avant projet, il a notamment demandé la modification des dimensions générales du navire. Cette demande de modification est arrivée 15 jours après le début de la phase de réalisation.

Nous avons étudié la possibilité d'accéder à cette demande. Accepter cette modification entraînait deux conséquences principales pour l'entreprise. Il fallait recommencer le travail qui venait d'être accompli sur le dimensionnement de la structure. En effet, l'échantillonnage de la structure est fonction des dimensions générales du navire. Ainsi, le travail accompli au cours des 2 semaines que nous venions de passer sur la réalisation de l'avant projet devait être repris.

La décision a été prise de satisfaire à la demande du client. Le délai de un mois accordé pour la réalisation de l'avant projet a été réinitialisé, et les dimensions générales du navire ont donc été modifiées :

- Dimensions initiales : 45 x 12 x 2,5 m
- Dimensions finales : 45 x 16 x 3 m.

Cependant, il a été dit au client qu'il s'agissait d'une faveur exceptionnelle, et que pour la suite du projet, les éléments contractuels ne seraient plus modifiés. Le reste du projet s'est déroulé sans autre demande de modification notable. Les éléments produits correspondaient à ceux établis dans le cahier des charges et le contrat.

7.2 Homologation du Bureau Veritas

La consultation régulière du bureau de contrôle permet d'identifier sans attendre les éléments non conformes, de les modifier afin de ne pas conserver d'erreur qui pourrait retarder l'obtention de l'homologation.

7.2.1 Fonctionnement des échanges

Nous consultons le bureau de contrôle en lui faisant parvenir nos livrables. C'est le principal support de ses vérifications. De son côté, il nous fait parvenir des notes techniques FPO¹ du bureau d'approbation des plans. Ces documents contiennent 3 types de remarques :

- des notes informatives,
- des remarques qui devront être prises en compte à la construction et seront vérifiées par l'expert lors de la visite de conformité,
- des éléments qui ne satisfont pas aux critères réglementaires, à corriger et à soumettre de nouveau.

Tant que des éléments doivent être soumis à nouveau, l'approbation des plans ne sera pas obtenue. Les modifications nécessaires sont réalisées et nos documents sont renvoyés jusqu'à obtenir leur validation. Parfois, il arrive que le B.V. demande des justifications. On lui fait alors parvenir des notes techniques justificatives.

7.2.2 Exemple de justification apportée

Il est arrivé que le bureau de contrôle nous demande des informations complémentaires. Nous leur avons alors fait parvenir des notes techniques pour présenter les informations nécessaires.

Voici quelques exemples des justifications que l'on a envoyées au B.V. :

- Le principe de manipulation des pieux,
- Le calcul des efforts appliqués aux réas,

1. French Plan Office

- Le calcul des contraintes dans les soudures.

Pour illustrer l'utilité de ces justifications, nous résumerons les informations apportées concernant la manipulation des pieux.

Comme nous l'avons abordé dans la manipulation des pieux en partie II section 5.3 page 70, le principe de manipulation des pieux est le suivant :

- Les treuils ne sont utilisés que pour remonter les pieux,
- Les pieux coulent en position basse grâce à leur poids propre,
- Les pieux sont troués pour laisser l'eau pénétrer dans les tubes,
- La masse d'eau ajoutée lors de la remontée des pieux sera minimisée par une faible vitesse de manipulation, ce qui permettra aux pieux de se vider au fur et à mesure.

Ces informations ne figurent pas dans les plans que nous avons fait parvenir au B.V.. Cette note explicative a fourni les informations nécessaires pour justifier des efforts que nous avons pris en compte dans le dimensionnement des élingues et du système de manipulation des pieux. Le document envoyé au B.V. pour expliquer ces informations figure en annexe H.

7.2.3 Exemples de modifications

La plupart des modifications demandées par le B.V. concernaient des éléments manquants ou sous-dimensionnés. La liste ci-dessous fournit quelques exemples :

- Ajout de goussets,
- Augmentation des dimensions des raidisseurs (à l'étrave par exemple),
- Augmentation des dimensions des soudures (à l'étrave notamment),
- Réduction de l'espacement des garde-corps (qui doit être inférieur à 1,5 m),

Cependant, deux éléments plus importants ont posé des difficultés, nous les présenterons ici.

7.2.3.1 Structure de la cabine de descente

La cabine de descente est un abri qui protège l'accès au magasin de stockage du matériel. Celui-ci est situé dans la coque du ponton grue et on y accède par un escalier. Il est composé des compartiments en avant des compartiments à ballast.

Lorsque nous avons dimensionné la structure de cet abri, nous avons prévu une structure peu résistante. En cas de choc avec la grue, la cabine aurait cédé et n'aurait pas endommagé la coque du navire qui aurait été préservée. Cependant, le B.V. n'accepte pas cette possibilité et exige que la structure soit suffisante pour résister en cas d'incident.

7.2.3.2 Limitation aux conditions de navigation et d'exploitation

Afin de dimensionner la structure de la coque du navire, nous avons calculé les efforts auxquels elle serait soumise. On prend en compte l'influence du vent et du courant sur la muraille² du navire. On a utilisé une valeur de 19,6 m/s pour la vitesse du vent, et une valeur de 1,4 m/s pour la vitesse du courant. Il est à noter que ces valeurs sont celles fournies dans la réglementation, mais pas dans la dernière édition. En l'occurrence, la vitesse du courant prise en compte est relativement élevée par rapport aux conditions réelles de navigation en Méditerranée.

Cependant, la vitesse du courant figurant dans la réglementation s'élève à 2,5 m/s. Or, s'il est perpendiculaire au courant, notre ponton ne satisfait plus les critères réglementaires au-delà de 1,4 m/s. On a donc décidé de poser une limitation aux conditions de navigation et d'exploitation du ponton. Cette décision a été prise en accord avec le client et le B.V. : elle permet de ne pas redimensionner la structure du navire, et l'impossibilité de naviguer sera très rare. La notification est la suivante :

”L'armateur sera tenu de mettre le ponton-grue dans le sens du courant lorsque la vitesse du courant est entre 1.4m/s et 2.5m/s et d'interrompre les travaux dans le cas où la vitesse du vent est supérieure à 19.6m/s et/ou la vitesse du courant supérieure à 2.5m/s.”

2. Voir glossaire

Nous avons prévu dès la phase de cadrage d'accorder du temps aux modifications et aux justifications nécessaires au B.V.. Pour la réalisation de ces mises à jour, nous n'avons pas rencontré de difficulté qui nous aurait pénalisés.

7.3 Validation du responsable

La dernière validation du travail effectué est celle apportée par mon responsable. Elle a été, bien entendu, essentielle pour moi. En tant que chargée de projet, je me suis occupée de tous les aspects du travail. Je me suis chargée des travaux de gestion avant la réalisation ainsi que des travaux techniques par la suite.

Mon employeur a toujours supervisé mon travail. Nous avons organisé des réunions régulières. Au début du projet, lors de la phase de cadrage, nous avons étudié des idées pour trouver les solutions les plus intéressantes. Lors de la phase de réalisation du projet, ces réunions ont servi de mise au point. Mon employeur a vérifié l'avancement du projet, le respect des délais, la validité de mon travail.

Outre les visites en Tunisie, il est intervenu en de rares occasions :

- Lorsque le client a demandé la modification des dimensions générales du navire, c'est à mon employeur qu'est revenue la responsabilité de la décision d'accéder ou non à la requête du client,
- Lors de la phase de réalisation, c'est lui qui a rédigé les instructions au capitaine. Nous n'avions jamais eu l'opportunité de réaliser ce travail auparavant et il a souhaité s'occuper lui-même de ce document livrable.

En plus des travaux qui sont habituellement de ma responsabilité, j'ai eu l'occasion de prendre en charge les échanges avec les différents intervenants du projet. J'ai été leur principal intermédiaire, et c'est aussi à moi que revenait la responsabilité de la production de tous les documents (dossiers et rapports, justificatifs et notices techniques, etc.). Mon employeur vérifiait régulièrement le travail accompli.

8 Résultats

Au terme de mon stage, le projet a été réalisé en totalité. On peut donc présenter les résultats.

8.1 La définition du navire

D'un point de vue strict, le principal résultat de ce projet est la définition d'un navire. Il a été conçu dans le moindre détail, et sa définition est disponible au travers des plans et des livrables du projet.

Le navire n'est pas encore en construction au moment de la rédaction de ce mémoire. Cependant, la modélisation 3D permet d'illustrer à quoi ressemblera le ponton après sa fabrication.

Pour les présenter, les éléments composant le ponton sont séparés en plusieurs catégories :

- Les éléments structurels,
- Les équipements principaux,
- Les équipements supplémentaires.

8.1.1 Les éléments structurels

Les éléments intervenant dans la structure du ponton sont :

- Des tôles (de pont, de muraille, de fond, d'étrave, de cloison),
- Des raidisseurs (lisses de pont et de fond, raidisseurs de muraille et de cloison),
- Des goussets de transmission des efforts entre les raidisseurs et les tôles.

Les illustrations de la figure 33 représentent les éléments structurels du navire :

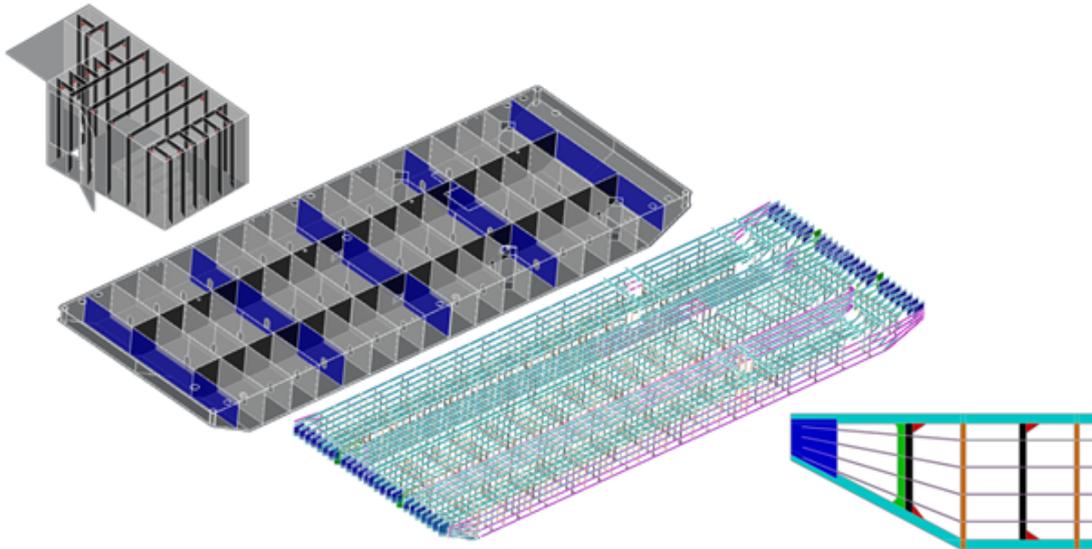


FIGURE 33 – Éléments structurels

On voit ici les différents composants de la superstructure et de la coque. Il est à noter que certains équipements supplémentaires ont nécessité des aménagements dans la structure. Plusieurs éléments ont été ajoutés à la structure générale du navire et participent alors à la résistance du ponton aux efforts auxquels il est soumis. Par exemple, les lisses de pont et de fond ont dû être aménagées pour s'adapter aux puits de pieux.

L'illustration 34 montre les lisses longitudinales (en turquoise) qui ont été détournées pour récupérer les efforts transmis par les goussets des puits de pieux. Afin de garantir la bonne transmission de ces efforts au reste de la structure, des raidisseurs transversaux (en rose) ont été ajoutés.

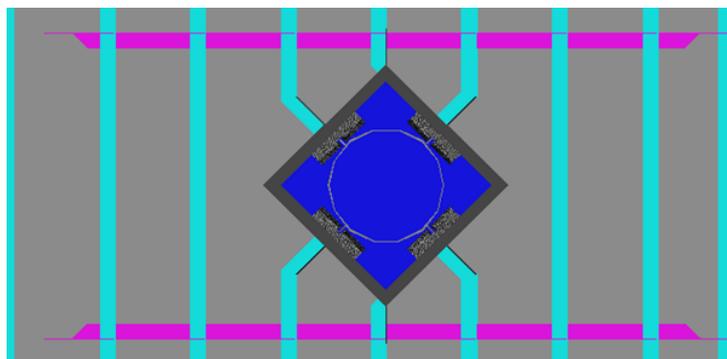


FIGURE 34 – Structure aménagée autour des puits

8.1.2 Les équipements principaux

Le ponton est doté d'un équipement standard. Mais il est aussi pourvu de certains éléments supplémentaires, tels que :

- La grue,
- Les pieux,
- Le ballast.

Sur l'illustration ci-dessous, on voit la grue à l'avant, et les puits et les pieux à l'arrière.

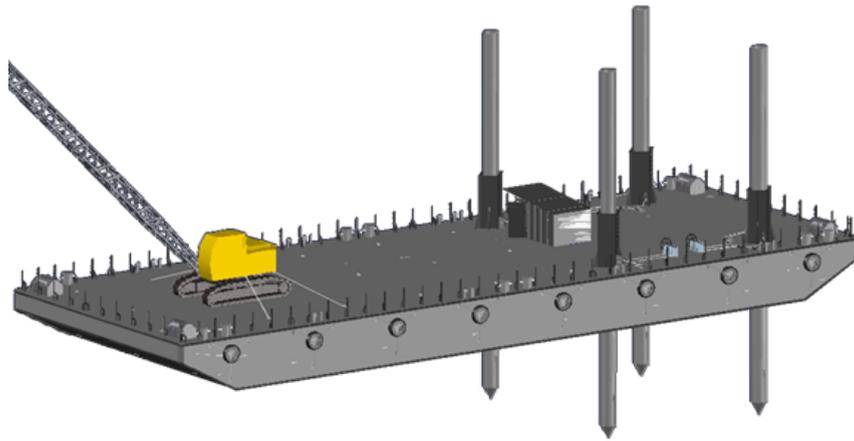


FIGURE 35 – Position des principaux équipements - extérieur

L'illustration 36 montre que les compartiments à ballast sont situés à l'arrière du ponton, à l'opposé de la position de la grue :

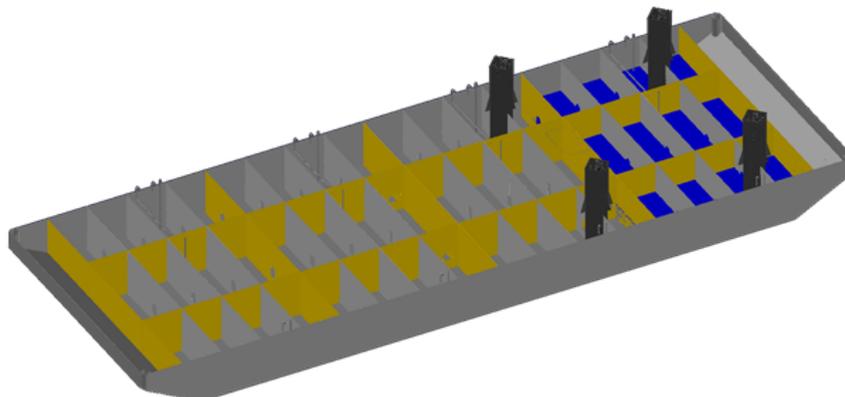


FIGURE 36 – Position des principaux équipements - intérieur

Les principales caractéristiques de ces équipements sont les suivantes :

La grue peut circuler dans toute la zone en avant de la cabine de descente d'accès au magasin. La zone de circulation de la grue est munie d'une tôle d'usure pour protéger le pont. La grue est maintenue lors du transport et de l'exploitation par au moins 3 élingues accrochées aux anneaux de saisissage. Les préconisations du constructeur concernant les conditions d'utilisation de la grue doivent être respectées.

La quantité de ballast est limitée à environ 10% des capacités du ponton. Cette quantité est suffisante pour compenser l'influence de la présence de la grue sur l'assiette du navire. Le système d'assèchement du navire a été conçu pour permettre le remplissage et l'évacuation du ballast avec des motopompes.

Les pieux sont manipulés par les treuils grâce au système composé d'élingues et de réas. Ils descendent dans l'eau pour se poser sur les fonds afin de maintenir le ponton en position. Ils traversent la coque de part en part. Les puits permettent de guider les pieux, et aussi d'isoler la coque pour permettre la libre circulation des pieux dans l'eau de mer.

8.1.3 Les équipements supplémentaires

Ils peuvent se distinguer en plusieurs catégories : les équipements de sécurité, les accessoires d'amarrage, les éléments de protection du ponton.

8.1.3.1 Les équipements de sécurité

Certains sont imposés par la réglementation, comme les gilets de sauvetage. Mais le ponton lui-même est équipé de certains composants qui doivent garantir la sécurité du navire et de son équipage :

- Les garde-corps,
- Les portes étanches,
- Les anneaux de saisissage.

Les illustrations 37 à 39 représentent ces équipements.

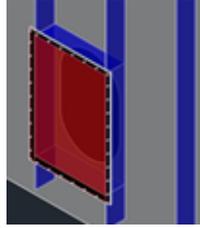


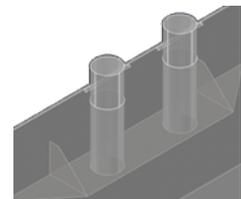
FIGURE 37 – Garde-corps FIGURE 38 – Porte étanche FIGURE 39 – Anneau de saisissage

Les garde-corps supportent les filières qui doivent empêcher les membres d'équipage de tomber par-dessus bord. Les portes étanches doivent être maintenues fermées : elles empêchent la libre circulation de l'eau dans la coque et l'envahissement du navire en cas de voie d'eau. Les anneaux de saisissage sont dimensionnés pour supporter la grue.

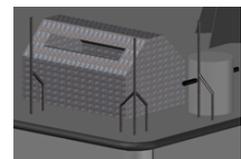
8.1.3.2 Les accessoires d'amarrage

Les accessoires d'amarrage sont les équipements qui permettent le maintien en position du ponton à quai ou au mouillage. Il s'agit des bollards, des écubiers¹, des chaînes et des ancrés.

C'est sur les bollards que sont fixées les amarres qui maintiennent le ponton à quai. On voit sur l'illustration ci-contre qu'ils sont fixés sur la coque sous le pont pour une meilleure répartition des efforts auxquels ils peuvent être soumis.



Les écubiers sont les logements des chaînes d'ancre. Ils empêchent qu'elles ne restent sur le pont sans être maintenues. Le ponton est équipé de 4 mouillages, tous dimensionnés pour maintenir le ponton en position malgré le vent et le courant.



8.1.3.3 Les éléments de protection

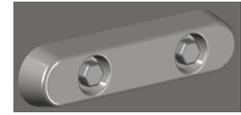
On compte 3 équipements qui doivent protéger le ponton de l'usure et des chocs :

- Les anodes sacrificielles,

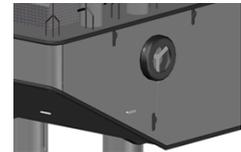
1. Voir glossaire

- Les défenses,
- Les sabots.

Les anodes sacrificielles sont disposées à 6 m les unes des autres sur toute la surface mouillée du navire.



Les défenses sont de deux types. Il y a des défenses latérales (des pneus) qui protégeront la coque à quai notamment. Il y a aussi des défenses supérieures et inférieures qui protègent les soudures (entre les murailles et le pont, entre les murailles et le fond).



Les sabots sont composés d'un profil de caoutchouc maintenu sous le fond de la coque. Ils protègent le ponton pendant la mise à l'eau sur le sleepway. Il y a 5 sabots, alignés sur les lisses de fond ou les cloisons.

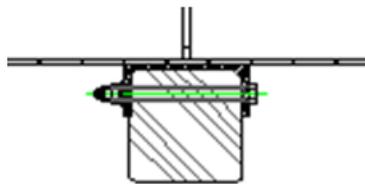


FIGURE 40 – Sabots

8.2 L'homologation provisoire

Tous les livrables contractuels qui ont été produits et fournis au B.V. ont été approuvés. Nous pouvons donc envoyer à notre client les documents visés de l'approbation provisoire du bureau de contrôle. Cependant, il reste plusieurs éléments avant d'obtenir l'homologation définitive du navire.

Le ponton est en acier. Les soudeurs qui travailleront sur la construction du navire doivent disposer d'une certification et elle doit être envoyée au bureau de contrôle. De plus, plusieurs visites doivent avoir lieu pour vérifier la conformité de la construction. Pendant la construction, un expert sera mandaté par le B.V. pour vérifier la correspon-

dance entre le navire construit et les plans de définition qui ont été approuvés. Après la construction, il vérifiera la présence de tous les équipements de sécurité nécessaires imposés par la réglementation (alarmes incendie et envahissement, gilets de sauvetage, ...). Une expérience de stabilité sera aussi réalisée. Elle doit confirmer les principales caractéristiques du navire (poids lège et position du centre de gravité) pour s'assurer que les informations présentées dans le rapport de stabilité sont valables.

Ce n'est donc qu'après la mise à l'eau que le navire recevra l'approbation définitive du B.V. et que l'exploitant pourra faire la demande du permis de navigation. D'ici là, notre part du contrat est accomplie car les éléments restants pour l'obtention de l'homologation du navire ne sont pas de notre ressort.

8.3 Validation des objectifs

Pour confirmer que le projet est terminé et que les résultats sont ceux escomptés, on vérifie que les objectifs déterminés au début du projet ont été atteints.

Nous avons identifié 4 objectifs :

- La conception du navire
- La production des livrables,
- L'obtention de l'homologation du ponton,
- Le respect des délais et des coûts.

On constate que les 3 premiers sont atteints. Toutes les études nécessaires à la conception du navire ont été réalisées. Nous venons de montrer que la définition du navire a été publiée au travers des livrables, lesquels ont été approuvés par le bureau de contrôle.

Cependant, il apparaît que les coûts et délais n'ont pas été respectés. La modification des dimensions générales du ponton-grue après le début de la réalisation nous a obligés à recommencer le travail que nous venions d'accomplir. Dès lors, les 15 premiers jours de la phase de réalisation du projet représentent des pertes pour l'entreprise en termes de coûts. Cet incident nous a aussi empêchés de livrer l'avant projet au bout d'un mois

comme convenu dans le contrat. Nous évaluerons le montant des conséquences dans la suite de ce document.

Au terme de la phase de réalisation, notre engagement auprès du client est terminé. Les derniers livrables (rapport de stabilité et instructions au capitaine) lui ont été envoyés après approbation provisoire du B.V.. Nous lui avons même fourni un document complémentaire aux livrables contractuels : la liste récapitulant les recommandations du bureau de contrôle qui devront être respectées pendant la construction. Au moment de mon départ de l'entreprise, nous étions en attente du dernier versement que le client devait verser à l'entreprise ANIE-2R afin de payer sa part du contrat.

Nous pouvons alors faire le bilan du travail accompli afin de tirer profit de ce projet.

9 Capitalisation

La phase de capitalisation est la dernière étape du projet. Nous y ferons le bilan du travail accompli, la balance entre le prévisionnel et la réalisation, et nous identifierons les améliorations possibles.

9.1 Considérations organisationnelles

Les délais contractuels prévoient 1 mois pour la réalisation de l'avant projet et 3 mois pour la réalisation du projet, à compter de la réception de la première note technique du B.V.

Pendant la phase de cadrage, nous avons établi un planning prévisionnel pour organiser la réalisation du projet. Nous prévoyions à l'époque que l'ensemble de la phase de réalisation durerait environ 5 mois : 3 semaines pour l'avant projet, et environ 4 mois pour la réalisation du projet et des modifications demandées par le bureau de contrôle.

Le tableau XXI présente le bilan de la durée des tâches.

TABLEAU XXI – Bilan de la durée des tâches

Éléments à réaliser	Durée initiale (jours)	Durée réelle (jours)	Écart (jours)
Enveloppe du navire	1	0.5	-0.5
Aménagements	2	1.5	-0.5
Généralités de structure	7	3	-4
Devis de poids	5	4	-1
Total avant projet	15	9	-6
Suite sur la page suivante			

Tableau XXI – Suite de la page précédente

Éléments à réaliser	Durée initiale (jours)	Durée réelle (jours)	Écart (jours)
Enveloppe générale du navire	1	0.5	-0.5
Structure, plans généraux	21	22	+1
Structure transversale	6	6.5	+0.5
Détails de structure	10	12	+2
Aménagements et éléments complémentaires	10	12.5	+2.5
Appendices mobiles, puits	7	10	+3
Total projet	55	63.5	+8.5
Stabilité	10	13	+3
Total stabilité	10	13	+3
Justifications	-	7.25	+7.25
Plans supplémentaires	-	5.25	+5.25
Superstructure	-	2	+2
Dimensions générales	-	3	+3
Grue	-	2	+2
Structure	-	2.5	+2.5
Total modifications	20	22	+2
TOTAL	100	107.5	+7.5

Finalement, la réalisation de l'avant projet n'a duré que 2 semaines et nous avons donc gagné 1 semaine de travail sur nos prévisions. En revanche, la réalisation du projet a duré 4 mois et demi, soit 2 semaines de plus que prévu. Le projet a donc été terminé avec une semaine de retard. On peut dire que nos prévisions étaient acceptables avec seulement 7,5% de marge d'erreur.

Bien que nous ayons rendu les derniers documents avec une seule semaine de retard

par rapport aux délais contractuels, les charges de réalisation de l'entreprise ont aussi été augmentées à cause de la modification des dimensions générales qui nous a fait perdre 2 semaines de travail. Nous venions de finir la réalisation de l'avant projet quand nous avons reçu la demande du client. Nous avons alors recommencé la phase de réalisation depuis le début. Bien que les délais contractuels aient été repoussés en conséquence, ce retard représente 15 jours de travail perdus pour l'entreprise.

La figure 41 représente les délais tels que prévus dans le contrat, pour permettre la comparaison avec nos prévisions et le déroulement effectif de la réalisation.

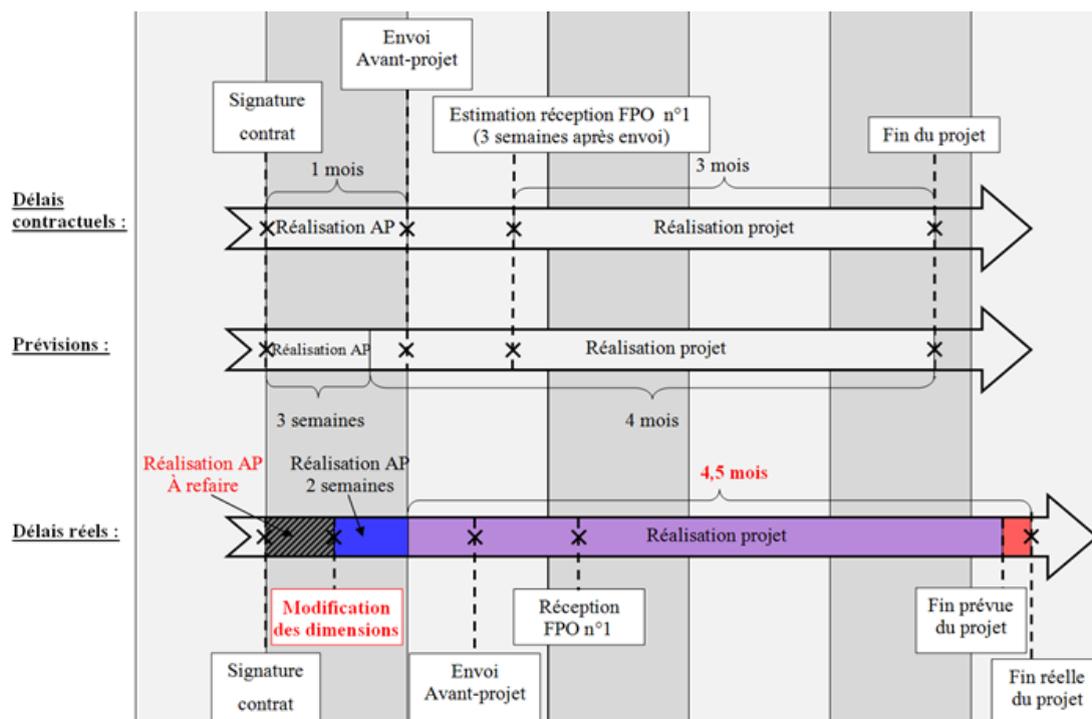


FIGURE 41 – Déroulement du projet

La dernière chronologie de la figure 42 illustre les délais réels de réalisation :

- les 2 semaines de travail qui ont été faites avant la modification des dimensions générales du ponton par le client (partie hachurée),
- la réalisation de l'avant projet plus courte que prévue (en bleu),
- la durée normale de réalisation du projet (en violet),
- la semaine de retard (en rouge).

On décompte donc 3 semaines de travail non comptées dans les charges prévisionnelles.

Nos estimations de durée des tâches étaient proches de la réalité. Cependant, elles étaient trop justes. N'avoir qu'une semaine de retard est satisfaisant, mais nous ne disposions d'aucune marge de manœuvre. Nous n'avons rencontré aucun contretemps, mais le moindre imprévu nous aurait fait prendre plus de retard.

Or, dans une petite entreprise où les ressources humaines sont limitées, il n'y a pas d'alternative envisageable. On ne peut pas compter sur du personnel supplémentaire pour faire face aux urgences, aux imprévus ou aux retards. Il n'y a pas de possibilité de travailler en parallèle pour faire avancer certaines tâches afin de gagner du temps pendant la réalisation d'autres parties du projet.

Cependant, j'ai eu l'occasion de travailler avec un employeur accessible et attentif, ce qui n'aurait peut-être pas été le cas dans une autre entreprise. Sa disponibilité au cours du projet, pour discuter et échanger des idées notamment, a été un avantage certain au cours de cette première expérience. Nous sommes d'ailleurs d'accord pour dire que les démarches qui ont été mises en œuvre lors de la phase de cadrage au début du projet ont été très utiles. Le management de projet nous a apporté une bonne vue d'ensemble du travail, cela nous a permis de savoir où nous allions dès le début du projet, de voir où nous en étions au fil de l'avancement.

En contrepartie, nous nous accordons à penser que d'un point de vue commercial et juridique nous prendrons à l'avenir des précautions supplémentaires. Nous n'avons pas anticipé ici les conséquences d'accéder à la demande du client concernant la modification des éléments contractuels. La rédaction d'un avenant au contrat aurait été nécessaire.

9.2 Considérations économiques

Malgré un retard d'une semaine pour rendre les derniers livrables contractuels, le client a reconnu la faveur que nous lui avons accordée en acceptant sa demande de modification. En contrepartie de notre effort, il n'a pas appliqué les pénalités de retard prévues dans le contrat.

On peut réaliser le bilan financier définitif de l'entreprise pour ce projet.

Contrairement aux prévisions établies lors de l'étude du risque spécifique dans la partie I section 3.3.2 page 54, les pénalités de retard journalières, PR_j , ne doivent pas être prises en compte.

Alors, la formule de calcul des bénéfices restant par jour n'est plus celle de l'équation (1) qui figure en page 54 :

$$B_n = B_{n-1} - (PR_j + 7 \times TH_{cp}) \quad (1)$$

Mais l'équation (2) où l'on ne prend plus en compte les pénalités de retard :

$$B_n = B_{n-1} - (7 \times TH_{cp}) \quad (2)$$

Le montant des bénéfices en fonction du retard est illustré sur la figure 42.

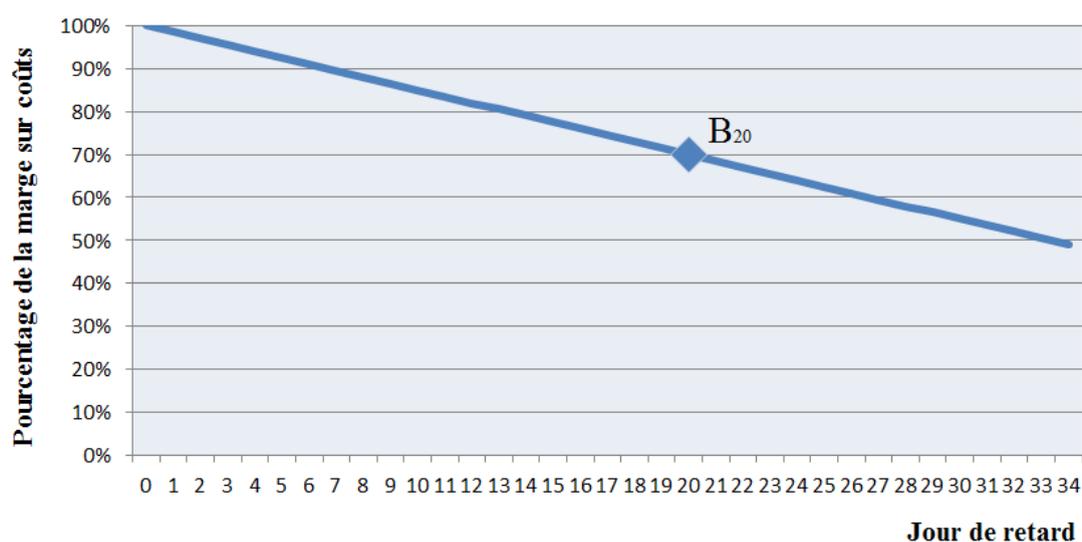


FIGURE 42 – Montant des bénéfices réels

Les bénéfices prévisionnels estimaient B_{20} à 28,7% de la marge sur coût total. En l'absence de l'application des pénalités de retard, le montant réel des bénéfices de l'entreprise s'élève à 70% de la marge prévisionnelle.

Cette estimation ne tient compte que des charges salariales supplémentaires : toutes les charges indirectes, notamment les frais de structure, ont été affectées à ce projet au

lieu d'être proportionnellement réparties aux autres travaux de l'entreprise.

Malgré une proposition financière ajustée au plus près, le bilan financier de ce projet est positif. Les bénéfices ne sont pas seulement économiques mais ont permis à l'entreprise de se lancer dans un nouveau challenge.

9.3 Considérations techniques

D'un point de vue technique, nous n'avons pas rencontré de difficulté majeure lors de la réalisation de ce projet. Le travail technique a été validé par le B.V. sans demande de modification conséquente. Ce ne sont pas les considérations techniques qui ont engendré le retard pris dans la réalisation du projet.

Tous les éléments qui figuraient dans le cahier des charges ont été réalisés. Les conditions d'exploitation ont été définies et figurent dans les instructions au capitaine. Les spécifications concernant les ballasts, la grue et les pieux ont été précisées.

Certains des éléments du cahier des charges ont cependant été modifiés :

- Les dimensions du navire sont de 45 x 16 x 3 m au lieu de 45 x 12 x 2,5 m comme prévu initialement,
- Les pieux ne sont pas 3 mais 4,
- L'exploitation du ponton-grue n'est pas sans condition et devra être interrompue dans certaines conditions relatives à la vitesse du vent et du courant.

Ces modifications ont eu lieu parce que nous avons su nous adapter à la demande du client et faire valoir notre savoir-faire pour promouvoir des solutions adaptées bien que différentes de celles initialement prévues.

Au cours de la réalisation de ce projet, nous avons eu l'opportunité de travailler sur des éléments nouveaux. Habituellement nos projets sont variés, comme la transformation d'une péniche-bureau en salon de thé, ou la remise en conformité de vedettes de sauvetage et support de plongée. Nous avons aussi travaillé sur des projets innovants comme

des bateaux à propulsion électrique. Mais bien que nous avons déjà eu l'opportunité de dimensionner des structures et de vérifier la résistance de certains navires, la méthode de dimensionnement et d'échantillonnage du B.V. met en œuvre une démarche que nous n'avions pas rencontrée auparavant.

La conception des puits, des pieux et du système de manipulation était aussi une nouveauté. Ce système est original en comparaison de la majorité des systèmes existants : il est rare de trouver des pieux traversant le navire de part en part. Nous n'avions pas d'expérience dans ce domaine à faire valoir lors de notre réponse à cet appel d'offre. Désormais, nous pourrions promouvoir notre expérience à ce sujet.

Conclusion

Nous avons présenté la réalisation d'un projet d'architecture navale. Ce projet est constitué des travaux d'ingénierie et de conception du navire. Nous avons mis en œuvre une démarche d'encadrement de la réalisation du travail technique qui a nécessité la réalisation d'études annexes. Ainsi, toutes les considérations économiques et techniques ont été prises en compte afin d'organiser la planification et de gérer au mieux la réalisation du projet. La capitalisation nous permet de profiter du travail accompli et d'identifier nos marges de progression pour de prochains projets.

Pour l'entreprise, l'enjeu financier était important et les bénéfices sont acceptables même s'ils ont été amoindris, principalement par le retard pris au cours de l'avant-projet. Cependant, d'autres bénéfices ont été générés par ce projet. Nous avons acquis de nouvelles compétences que nous pourrions faire valoir lors de nos prochaines réponses à des appels d'offre. Grâce à cette expérience, nous accédons désormais au marché des bateaux de service, ce qui avait été identifié comme un enjeu majeur. Les exigences du bureau de contrôle nécessitaient la rédaction d'un manuel d'instructions au capitaine que nous n'avions jamais produit auparavant. Nous en produirons désormais un pour chacun de nos projets car ce document sera pour l'entreprise un atout à faire valoir auprès de ses clients.

D'un point de vue personnel, j'ai eu la chance que le projet me soit confié dans sa globalité. Ce travail m'a permis d'utiliser les enseignements que j'ai reçus dans mon parcours à l'EICNAM pour compléter mes connaissances techniques avec la prise en compte des considérations économiques et managériales. Cette nouvelle responsabilité en tant qu'ingénieur m'a donné l'occasion de m'occuper des relations commerciales avec le client

et le bureau de contrôle. Cette expérience enrichissante et attrayante a confirmé mon désir de travailler à l'avenir dans une grande entreprise pour avoir l'occasion de mettre en pratique ces compétences au sein d'une équipe.

Annexes

ANNEXE A - Dossier de décision

ANNEXE B - Réponse à l'appel d'offre

ANNEXE C - Plans

ANNEXE D - Etude de stabilité

ANNEXE E - Instructions au capitaine

ANNEXE F - Considérations et solutions techniques

ANNEXE G - Notice technique

ANNEXE H - Echanges avec le B.V.

Annexe A

Dossier de décision

**IRISH ROSE
LIBERATION
ANIE-2R**

Résidence Vauban
Port Renaissance
13110 PORT DE BOUC
Tél : 04.42.06.05.09
Port : 06.82.68.06.51
Mail : francois.rose4@wanadoo.fr
Siret : 38851229500030

Gérant :

Hubert REYMOND :

- Ingénieur diplômé de l'Ecole Supérieure des Techniques Aéronautiques et de la construction Automobile
- Diplômé d'un master II d'architecture navale à l'Université de Southampton (Major de la promotion 2008).
- Architecte naval IFAN
- Expert Maritime Plaisance certifié E.E.A.
- Membre probatoire de la Chambre Nationale des Experts Maritimes Plaisance
- Expert recommandé par le C.E.S.A.M.

Conseiller :

François ROSE :

- Ingénieur Civil du Génie Maritime
- Capitaine de frégate (H)
- Membre de la Chambre des Experts Fluviaux
- Membre honoraire de la Chambre Nationale des Experts Maritimes Plaisance



Architecture Navale Ingénierie Expertise Rose Reymond

**PONTON MEDCO
Dossier de décision**

-----oooo0000oooo-----

V/Réf. Ponton "MEDCO"

N/Réf. Dossier n° 12116

Titre Premier : Description générale

Le dossier présente les informations relatives à l'appel d'offre MEDCO pour la conception d'un ponton grue. Les conclusions de ce rapport font état des recommandations concernant la poursuite ou non de ce projet.

Titre Deuxième : Sommaire

Ce dossier de décision contient :

- Les principales spécificités de l'appel d'offre et du bateau (titre 3),
- Le cadre du projet (titre 4),
- Les études préliminaires et complémentaires qui ont été réalisées pour vérifier la viabilité du projet (titre 5),
- Une synthèse des principaux éléments à prendre en compte (titre 6),
- Les conclusions qui doivent permettre la prise de décision pour la réalisation du projet (titre 7).

Titre Troisième : Appel d'offre

Objet :

L'appel d'offre concerne les travaux d'architecture navale et d'ingénierie pour la conception d'un ponton grue. L'entreprise tunisienne MEDCO veut sous-traiter ces travaux. Ils représentent un lot du projet contracté avec le client, l'entreprise SAROST.

Spécificités techniques :

Le navire sera produit à l'unité. C'est un bateau de service qui doit permettre la réalisation de travaux en mer (sur les fonds et les berges). Il devra être équipé d'une grue et de pieux pour permettre son maintien en position. On prévoit l'utilisation de ballast.

Le cahier des charges de l'appel d'offre fournit les premières caractéristiques techniques du navire :

- Matériaux : Tôle marine grade A
- Dimensions : (L x l x P) 45 m x 12 m x 2.50m.
- Résistance du pont : min 7 tonnes/m²
- Pieux : Trois de 20 m
- Ancres et chaînes : Deux au minimum
- Classification : I HULL UNRESTRICTED NAVIGATION du Bureau Veritas, (ou équivalent).
- Lieu de Construction : Sfax ou autre port Tunisien.

Délais :

L'appel à la concurrence recevra les offres à partir du 1^{ier} octobre et se clôturera le 1^{ier} décembre 2012 à minuit. L'attribution de l'appel d'offre sera communiquée en janvier et le projet doit débuter dès que possible.

Un planning de réalisation est imposé dans l'appel d'offre :

- Le prestataire disposera d'un mois pour fournir au bureau de contrôle les documents relatifs à l'avant projet.
- À compter de la réponse du bureau de contrôle, le prestataire disposera de 3 mois calendaires pour faire parvenir au bureau de contrôle le reste des documents nécessaires et suffisants à la définition du navire.

Des pénalités de retard seront appliquées en cas de non respect des délais. Elles s'élèveront à 5/1000° du prix de vente par jour de retard. Les pénalités seront plafonnées à 10% du prix de vente.

Attribution :

L'analyse des offres sera axée sur la proposition de prix de vente autant que sur les solutions techniques envisagées.

Titre Quatrième : Cadre du projet

But du projet :

Le but du projet est la livraison des documents nécessaires et suffisants à la définition du ponton.

Objectifs du projet :

On distingue quatre objectifs pour ce projet :

- La conception du navire
- La production des livrables,
- L'obtention de l'homologation du ponton
- Le respect des délais et des coûts

Évaluation :

L'organisme de contrôle sanctionnera régulièrement l'avancement du projet. Il fournira son approbation au fur et à mesure de la réalisation du projet. La régularité des échanges avec l'organisme de contrôle permettra la validation progressive du projet, et sera un gage de sécurité de la bonne progression du projet.

Titre Cinquième : Réalisation des études

1. ÉTUDE N°1 : ÉTUDE D'OPPORTUNITÉ

Acteurs :

Acteur	Rôle	Responsabilités
SAROST (client)	Commanditaire	Financement et prise de décisions, exploitation du bateau
MEDCO (mandataire)	Maître d'ouvrage	Liaison entre le client et le sous-traitant, construction du navire
ANIE-2R (prestataire)	Maître d'œuvre	Conception du bateau, production des documents de définition
BUREAU VERITAS (expert)	Bureau de contrôle	Étude et approbation du projet

Objectifs :

Notre objectif consiste en la réalisation du projet : la conception du ponton-grue, et la production des documents nécessaires et suffisants à sa définition.

L'avancement du projet sera sanctionné par l'approbation de l'organisme de contrôle, et l'obtention de l'homologation du ponton-grue.

Cependant, le projet devra être réalisé dans le respect des délais et des coûts qui seront fixés.

Enjeux :

Le premier est financier : Au vu du nombre de projets d'architecture navale sur lesquels nous travaillons chaque année, le reste des revenus de l'entreprise étant assuré par l'expertise maritime, le projet représente un enjeu non négligeable pour l'entreprise.

Le second enjeu concerne le marché du projet : Le projet consiste en la conception d'un bateau de service. L'entreprise travaille principalement sur des bateaux à passagers, et n'a pas travaillé sur un projet pareil depuis des années. L'accession à de nouveaux projets pourrait assurer la pérennité de l'entreprise.

Le dernier enjeu concerne l'image de l'entreprise : À chaque projet, nous engageons la réputation et l'image de l'entreprise auprès de nos concurrents et de nos clients. Une erreur pourrait avoir des conséquences fâcheuses.

Conclusion :

L'ensemble de ces informations permet l'identification du périmètre du projet. On identifie des enjeux importants et des objectifs rigoureux. Jusqu'ici, aucun élément ne s'oppose à la poursuite de ce projet.

2. ÉTUDE N°2 : ÉTUDE DU MARCHÉ

Le marché des bateaux de service est actuellement stable mais beaucoup de ces bateaux sont vieux.

Le marché des études de conception sur ces bateaux :

Les commandes de conception de bateaux neufs ne sont pas nombreuses. Cependant, avec l'augmentation des exigences et l'évolution continue des réglementations, la plupart des navires ne pourra bientôt plus continuer à être utilisée à moins d'être rénovée. Or, la mise en conformité d'un navire coûte cher, et il est presque aussi rentable d'acheter un bateau déjà homologué ou d'en faire construire un neuf. **On estime que ce marché devrait se développer dans l'avenir.**

Recommandation :

Il conviendra de présenter avec soin les points forts de notre proposition et déterminer quels arguments mettre en avant pour se distinguer de la concurrence. Il faudra valoriser d'autres considérations que le seul aspect technique où nous risquerions de ne pas proposer mieux ni plus original que nos pairs. Par exemple, on s'attardera à démontrer la facilité de manipulation des solutions techniques que nous proposons plutôt que leur originalité.

Conclusion :

Nous avons identifié l'accès au marché de la conception des bateaux de service comme un enjeu majeur. L'étude plus approfondie de ce marché permet de l'évaluer comme un secteur attractif et prometteur. C'est un élément favorable à la décision de candidature à cet appel d'offre.

3. ÉTUDE N°3 : ÉTUDE DE FAISABILITE1. Viabilité économique du projet pour l'entreprise :

Estimation globale de la durée des tâches :

Personnel	Tâches	Durée estimée
Gérant	Réunions, validation, visites en Tunisie	150 heures
Secrétaire	Tâches administratives	50 heures
Chargée de projet	Réalisation et gestion du projet, communication	840 heures

Estimation générale des charges :

Le total des charges est estimé à environ ████████ € HT. Leur répartition figure dans le tableau ci-dessous :

	CHARGES DIRECTES	Coûts	CHARGES INDIRECTES	Coûts
CHARGES VARIABLES	<u>CHARGES OPERATIONNELLES :</u> - Salaires - Visites	70 % 8 %	<u>CHARGES VARIABLES NON SPÉCIFIQUES :</u> - Fournitures	1 %
CHARGES FIXES	<u>CHARGES FIXES SPÉCIFIQUES :</u>		<u>CHARGES DE STRUCTURE :</u> - Locaux et charges - Amortissement des investissements - Charges fiscales	12 % 1 % 8 %
TOTAL	<u>COÛT DIRECT</u>	78 %	<u>COÛT INDIRECT</u>	22 %

Prix de vente minimal et retour sur investissement :

À partir du montant des charges estimées pour réaliser le projet, on peut choisir un prix de vente. On cherche le meilleur compromis entre des bénéfices satisfaisants et un prix de vente suffisamment attractif pour bien se positionner pour cet appel d'offre.

Un prix de vente admissible peut être proposé à ████████ € HT. Le montant des bénéfices après application des taxes ne représenterait que 25% du prix de vente, mais cette proposition financière devrait améliorer nos chances d'obtenir le contrat.

2. Faisabilité technique :

Identification des principaux éléments techniques :

- La navigation maritime
- L'utilisation de ballast
- L'utilisation de la grue
- Le système de pieux

Analyse du cahier des charges :

Caractéristiques	Considérations associées	Détails
Navigation maritime	Influence sur la stabilité Influence sur la structure	Règlementation spécifique Prise en compte du vent et des courants, influence sur l'échantillonnage
Bateau de service	Design du navire Aménagement magasin Caractéristiques sécuritaires spécifiques	Style et formes simples, organisation de la circulation dans le ponton (principale considération d'aménagement) Dimensionnement de la superstructure d'accès au magasin Règlementations spécifiques, Certification de l'O.M.I.
Utilisation de ballast	Influence sur la stabilité Influence sur la structure	Influence sur les cas de chargement, prise en compte des carènes liquides Augmentation des charges associées, influence sur l'échantillonnage
Utilisation d'une grue	Influence sur la stabilité Influence sur la structure	Règlementation spécifique, influence sur les cas de chargement, Validation à obtenir du bureau de contrôle Répartition de la charge, prise en compte du poinçonnement, habillage du pont si nécessaire
Charge maximale	Influence sur la structure	Vérification que la charge contractuelle est bien estimée en fonction du besoin
Pieux	Nouveauté technique	Vérification que les caractéristiques contractuelles sont adaptées, choix des solutions techniques, dimensionnement des systèmes de pieux et de manipulation des pieux
Dimensions	Influence sur la structure	Échantillonnage de la structure en fonction des dimensions générales
Matériau	Influence sur la structure	Caractéristiques du matériau à prendre en compte, spécifications des soudures à définir

Vérification de la faisabilité technique :

Aucun problème potentiel n'est identifié dans les éléments listés ci-dessus.

Un élément nouveau est identifié avec le système de pieux mais cela ne semble pas représenter de difficulté majeure.

Conclusion :

Le projet ne présente pas de difficulté technique. Toutes les informations obtenues confirment son intérêt et sa faisabilité.

4. ÉTUDE N°4 : IDENTIFICATION DES IMPACTS

Métier :

Puisque l'objet du projet consiste en des travaux d'ingénierie et d'architecture navale, l'impact métier peut être évalué comme nul.

Organisationnel :

La réalisation de ce projet présente un impact organisationnel sur le fonctionnement interne de l'entreprise. Ce projet étant laissé à ma charge dans son ensemble, je ne serai pas très disponible pour les travaux que je réalise en temps normal au sein de l'entreprise.

Il me semble opportun de ne pas se charger d'un autre projet d'architecture si on réalise celui-ci.

Transverse :

Il y aura des impacts transverses si on réalise ce projet : travaux pour le secrétariat, utilisation du logiciel de stabilité, ce qui le rendra indisponible, etc. Mais ces impacts transverses sont les mêmes que ceux auxquels nous sommes confrontés à chacun de nos projets.

Conclusion :

Ce projet ne devrait pas générer d'impact néfaste pour l'entreprise. Cependant, il faudra prendre en compte pour nos autres travaux que je ne serai pas disponible durant la réalisation de ce projet.

5. ÉTUDE N°5 : ANALYSE DES RISQUESAnalyse et évaluation des risques généraux : Faibles

	Considération	Estimation du risque	Justification
Dimension du projet	Importance économique du projet, Caractéristiques de l'entreprise	Élevé	<ul style="list-style-type: none"> • La diversité des activités de l'entreprise garantit la continuité des revenus • Les projets d'architecture navale représentent une part importante de l'activité de l'entreprise
Difficultés techniques	Évaluation des difficultés techniques et des innovations	Faible	<ul style="list-style-type: none"> • Présence de nouveautés • Éléments techniques abordables pour un bureau d'étude comme ANIE-2R
Degré d'intégration	Organisation nécessaire pour une réalisation efficace	Faible	<ul style="list-style-type: none"> • Tâches non simultanées
Étendue du changement de métier	Estimation du besoin d'adaptation à de nouvelles tâches	Faible	<ul style="list-style-type: none"> • Aucun changement de métier nécessaire
Stabilité de l'équipe	Risques liés à des mouvements de personnel	Faible	<ul style="list-style-type: none"> • Équipe de réalisation réduite

Les risques généraux sont faibles sauf pour la dimension dont l'importance économique semble être un risque important.

Risque spécifique :

Le risque économique pour ce projet est assez élevé. La proposition de prix de vente est très ajustée, et des pénalités de retard seront appliquées en cas de non respect des délais.

On peut ajuster la proposition financière si on estime que le risque est trop élevé.

Conclusion :

Les risques généraux sont faibles mais le risque économique est important.

Mais des moyens sont disponibles pour minimiser ce risque.

Titre Sixième : Synthèse

Les études présentées ci-dessus permettent de mettre en évidence les principales considérations. On en établit la liste ci-dessous :

- Le **but** du projet est la livraison des documents de définition du ponton. Tout document devra obtenir l'approbation de l'organisme de contrôle.
- L'accès au marché des bateaux de service semble être un **enjeu** important. On peut espérer un avenir prometteur sur ce marché qui devrait bientôt se développer davantage.
- Il n'y a apparemment pas de **difficulté** technique majeure.
- Les **délais** proposés par le maître d'ouvrage devront être respectés sous peine d'application de pénalités de retard.
- Un **risque** financier est identifié. On mettra en œuvre les moyens nécessaires pour gérer au mieux la réalisation et minimiser ce risque.

Recommandations :

Il semble pertinent de ne pas s'engager sur d'autres travaux d'architecture navale durant la réalisation de ce projet puisque je devrais me consacrer exclusivement à la réalisation de celui-ci.

Notre réponse à l'appel d'offre, si elle est faite, devra mettre en valeur des arguments choisis dans le but de se distinguer de la concurrence : les seules solutions techniques ne feront pas la différence.

Le montant des charges engendrées par la réalisation du projet s'élèverait à environ [REDACTED] €. Un prix de vente minimal autour de [REDACTED] € pourrait être proposé (soit environ 25% de marge). Cette proposition est risquée, mais elle devrait favoriser l'obtention de l'appel d'offre.

On mettra en œuvre plusieurs moyens de gestion de l'avancement du projet :

La validation régulière de jalons par le client, ainsi que la consultation régulière du bureau de contrôle devraient permettre d'assurer un suivi continu.

L'organisation de réunions internes permettra de choisir les meilleures solutions aux problèmes rencontrés.

On privilégiera la gestion et la mise à jour du planning pour qu'aucun retard ne soit pris.

Titre Septième: Conclusions

Toutes les informations obtenues jusqu'ici ne présentent pas d'élément pouvant nous dissuader de répondre à cet appel d'offre. Au contraire, j'estime qu'il sera bénéfique pour l'entreprise de réaliser ce projet et que les bénéfices et les enjeux sont plus importants que les risques.

Je recommande de répondre à cet appel d'offre.

Fait à Port-de-Bouc, le 7 novembre 2012



Marine AUZENDE

Annexe B

Réponse à l'appel d'offre

**IRISH ROSE
LIBERATION
ANIE-2R**

Résidence Vauban
Port Renaissance
13110 PORT DE BOUC
Tél : 04.42.06.05.09
Port : 06.82.68.06.51
Mail : francois.rose4@wanadoo.fr
Siret : 38851229500030

Gérant :

Hubert REYMOND :

- Ingénieur diplômé de l'Ecole Supérieure des Techniques Aéronautiques et de la construction Automobile
- Diplômé d'un master II d'architecture navale à l'Université de Southampton (Major de la promotion 2008).
- Architecte naval IFAN
- Expert Maritime Plaisance certifié E.E.A.
- Membre probatoire de la Chambre Nationale des Experts Maritimes Plaisance
- Expert recommandé par le C.E.S.A.M.

Conseiller :

François ROSE :

- Ingénieur Civil du Génie Maritime
- Capitaine de frégate (H)
- Membre de la Chambre des Experts Fluviaux
- Membre honoraire de la Chambre Nationale des Experts Maritimes Plaisance



Architecture Navale Ingénierie Expertise Rose Raymond

**PONTON MEDCO
Réponse à l'appel d'offre**

-----oooo0000oooo-----

V/Réf. Ponton "MEDCO"

N/Réf. Dossier n° 12116

Titre Premier : Description générale

Le présent dossier contient la réponse de l'entreprise ANIE-2R à l'appel d'offre passé par l'entreprise MEDCO pour la conception d'un ponton-grue. Notre réponse présente l'entreprise et sa candidature, ainsi que nos offres techniques et financières.

Titre Deuxième : Sommaire

Ce dossier de réponse présente :

- La candidature de l'entreprise et les pièces administratives (titre 3)
- La notice technique et ses informations complémentaires (titre 4)
- Le montant de l'offre (titre 5)

Titre Troisième : Dossier de présentation de l'entreprise

Le dossier de présentation de l'entreprise figure en annexes 11 à 17.

Nous présenterons ici les extraits concernant l'activité de l'entreprise et les moyens de production actuels.

1. L'ACTIVITÉ DE L'ENTREPRISE

Activités et produits :

L'entreprise est spécialisée dans l'architecture navale et l'expertise maritime.

En architecture navale, nous réalisons généralement plusieurs projets par an.

Notre travail consiste en la conception, la définition et la représentation des navires au travers de plans de définition. Nous pouvons aussi travailler sur des travaux de re-motorisation, de re-fit et de transformations. Nous établissons des carnets de jaugeage. Nous réalisons des études et des dossiers de stabilité.

Nous travaillons sur des bateaux qui naviguent en eaux fluviales comme maritimes.

Nous avons déjà eu l'opportunité de travailler sur beaucoup de réglementations différentes (Arrêté du 30 décembre 2008, Arrêté du 25 juin 1980, Réglementation relative au pavillon Suisse, Réglementations du Bureau Veritas, Division 241, 242 et autres de l'arrêté relatif à la sécurité des navires, etc.).

Par le passé, nous avons aussi travaillé sur des projets respectueux de l'environnement au travers notamment de bateaux à propulsion hybride (thermique et électrique)

Notre entreprise est spécialisée dans les travaux qui font l'objet de votre appel à la concurrence. Nous sommes une petite entreprise, ce qui présente plusieurs avantages : souplesse d'adaptation, savoir-faire pointu, pas de formalités administratives superflues, etc. Nous sommes tout à fait à même de réaliser ce projet dans les meilleures circonstances.

Effectif :

L'entreprise emploie 3 personnes: un directeur technique, un élève ingénieur initialement recruté en tant que dessinateur projeteur, une assistante de direction.

Nos plus récents clients sont :

- Les sapeurs pompiers du SDISS 13 (Refit de la vedette Intrepido)
- Le Chantier Naval Franco-Suisse (Conception de leurs bateaux à passagers à propulsion électrique notamment)
- L'association des croisières cyclables (Conception d'un convoi de 2 bateaux à passagers, 1 à propulsion hybride, 1 bateau poussé et pouvant héberger des clients à la nuit).

2. LES MOYENS HUMAINS ET MATÉRIELS AFFECTÉS À LA PRESTATION

Personnel :

Les trois personnes employées par l'entreprise participeront à la réalisation de ce projet :

- Notre directeur technique supervise le projet,
- Notre élève ingénieur réalise les études et produit les livrables.
- Notre secrétaire de direction gère tous les aspects administratifs,

Matériel :

Le matériel suivant sera mis à disposition pour la réalisation de ce projet :

- Véhicule de fonction (déplacement professionnels)
- GM-Meter (matériel d'expérience de la stabilité)
- Matériel informatique (plans, rédaction de rapports, ...)
- Licences nécessaires (Système d'exploitation Windows, logiciels de bureautique Microsoft Office, Logiciels de comptabilité Ciel, ...).
- Logiciels spécifiques à l'architecture navale (Rhinocéros pour la modélisation 3D, AUTOHYDRO et MODELMAKER de la société *AUTOSHIP Systems Corporation* pour les études de la stabilité).
- Imprimantes A4, A3 et traceur (pour formats A2, A1 et A0).

3. LES DISPOSITIONS PRISES PAR L'ENTREPRISE POUR RESPECTER LES EXIGENCES DE L'APPEL D'OFFRE

Exigences qualitatives :

Nous préconisons la validation régulière (mensuelle au minimum) du projet par le client. À chaque étape significative du projet, nous ferons parvenir au client des jalons qui devront être validés. Cette pratique permettra de garantir, au fil de l'avancement du projet, l'entière satisfaction du client.

Exigences techniques :

Afin de répondre à cet appel d'offre, l'entreprise a déjà réalisé plusieurs études, dont une étude de faisabilité. Elle est basée sur l'analyse du cahier des charges fourni dans l'appel d'offre. Nous réaliserons aussi une analyse fonctionnelle au cours de la phase de cadrage (précédant la réalisation technique du projet). Elle facilitera l'approfondissement du cahier des charges pour compléter l'analyse des besoins du client qui a déjà été réalisée.

Exigences réglementaires :

Au fil de la réalisation, la consultation régulière de l'organisme de contrôle garantira le respect des exigences du client et de la réglementation. Nous avons déjà identifié la réglementation qui sera en vigueur si le bureau de contrôle sélectionné est le Bureau Veritas.

Exigences temporelles :

Un planning précis sera mis au point et fourni au client dès le début du projet. Ce planning définira l'organisation du temps de travail de conception et de réalisation pour tous les éléments du projet. Il présentera aussi les dates d'envoi au client des jalons, ainsi que les dates de consultation du bureau de contrôle. La mise à jour régulière du planning prévisionnel sera une de nos principales préoccupations afin de faire face à toute éventualité.

De plus, des réunions régulières (brainstorming, validation, etc.) permettront de choisir les meilleures solutions aux problèmes rencontrés et d'assurer un suivi régulier. Ces réunions sont généralement hebdomadaires au début du projet, puis peuvent être plus espacées au fil de l'avancement du projet (mensuelles ou bimensuelles).

4. LA MÉTHODOLOGIE DE MISE EN ŒUVRE

Pour concevoir ce bateau, chaque élément sera étudié, défini au travers de plan ou de dossier le cas échéant, et homologué par l'organisme de contrôle. Ce travail de conception suivra la chronologie suivante :

Cadrage du projet :

La phase de cadrage précèdera la phase de réalisation. On y établira :

- les considérations techniques précises,
- les considérations organisationnelles.

La mise au point du planning et des dates d'envoi des jalons et livrables font partie des considérations organisationnelles.

Réalisation de l'avant projet :

La réalisation de l'avant projet consiste en la réalisation des études et en la production des livrables relatifs aux éléments listés ci-dessous :

- les aménagements du ponton-grue (répartition des charges dont la grue, le ballast, ...)
- le dimensionnement de la structure (choix des matériaux, échantillonnage, ...)
- l'établissement d'un devis de poids prévisionnel,

La réalisation de l'avant projet se termine par l'envoi des documents à l'organisme de classification un mois après le début du projet. Ensuite, nous ferons les mises à jour si nécessaire pour obtenir l'approbation provisoire.

Réalisation du projet :

La réalisation du projet durera 3 mois à compter de la réception de la note technique du bureau de contrôle concernant l'avant projet. La phase de réalisation du projet consiste en la réalisation des études et la production des livrables relatifs aux éléments listés ci-dessous :

- l'enveloppe du navire (style, défenses, ...)
- la structure (générale, transversale, détails structurels, ...)
- les appendices mobiles (tels que les puits et les pieux)
- les éléments de détail (répartition et dimensionnement des bollards, des garde-corps, ...)

La réalisation du projet se termine par l'envoi des documents à l'organisme de classification et l'obtention de l'approbation provisoire.

Réalisation de l'étude de stabilité :

La stabilité du navire doit être étudiée et approuvée pour tous les cas de chargement possibles. Il faudra prendre en compte :

- la présence de la grue,
- l'influence de la charge hors du ponton,
- les carènes liquides générées par l'utilisation du ballast,
- la masse de la charge en pontée,
- etc.

Les livrables (dossier de stabilité et instructions au capitaine) définissant l'étude de stabilité seront homologués par l'organisme de classification.

5. LES PIÈCES ADMINISTRATIVES

Les documents administratifs et imprimés relatifs à la candidature de l'entreprise pour cet appel d'offre sont listés ci-dessous. Ils figurent en annexes 1 à 10.

- Kbis de l'entreprise de moins de 3 mois,
- Copie des attestations d'assurance,
- Le certificat NOTI2 de l'état annuel des certificats reçus,
- Une copie des attestations montrant que l'entreprise est à jour de ses obligations fiscales et sociales.

Titre Quatrième : Notice technique du projet

1. INFORMATIONS TECHNIQUES GÉNÉRALES

A partir des informations figurant dans l'appel d'offre, voici les premières dispositions techniques prises en compte :

L'esquisse :

La figure 1 ci-après représente l'esquisse du ponton-grue que nous vous proposons.

Au vu de l'utilisation prévue pour ce navire, on propose un style aussi épuré que possible. Il résistera mieux à l'usure, et sera plus facile à entretenir.

Répartition des éléments sur le ponton-grue :

On prévoit de répartir les charges sur le navire afin de favoriser l'assiette du navire et sa stabilité. La figure 2 ci-après représente cette répartition.

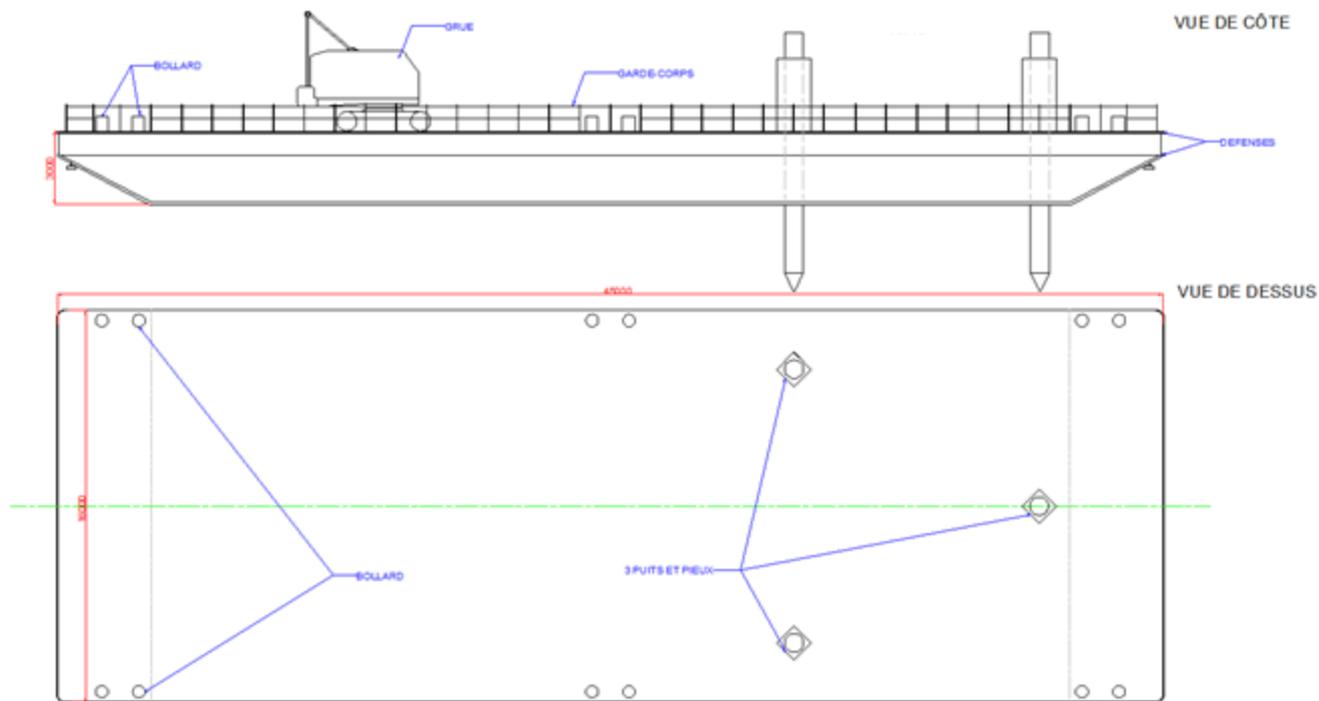


Figure 1 : Esquisse du ponton-grue

La présence de la grue sera limitée à la partie avant du ponton, et sera compensée par les ballasts à l'arrière.

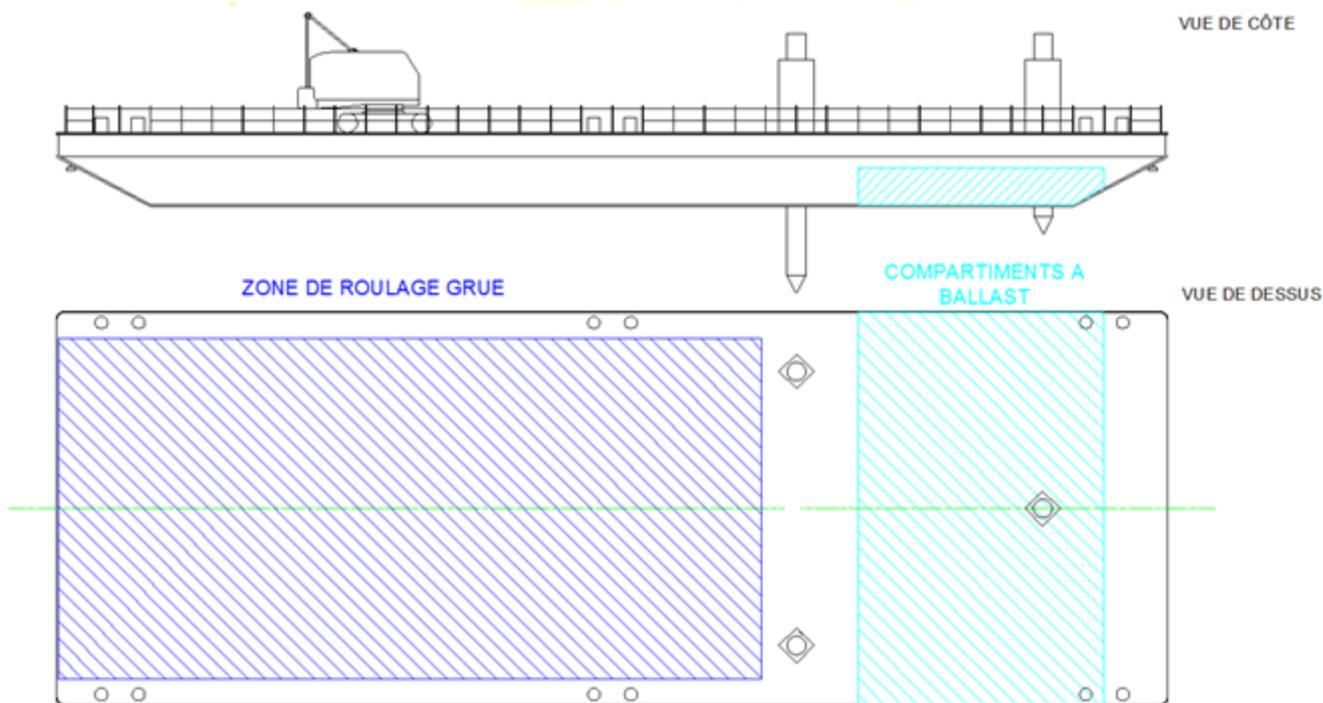


Figure 2 : Répartition des composants du ponton-grue

Utilisation de la grue :

On pourra prévoir un système de maintien en position de la grue avec des anneaux et des élingues afin de garantir la sécurité de l'équipage pendant l'exploitation. Pour ralentir l'usure du pont sous l'influence de la grue et de ses chenilles, on prévoit de le protéger avec une tôle d'usure.

Utilisation de ballast :

La variation de la quantité de ballast au cours de l'exploitation est dangereuse. La quantité de ballast doit être limitée à la quantité nécessaire pour compenser la présence de la grue en termes d'assiette.

Nous proposons un système de remplissage du ballast qui servira aussi pour l'assèchement du navire. Seules des motopompes seront nécessaires. Cependant, un système de gestion bien plus complexe que celui-ci sera nécessaire pour maintenir l'équilibre du ponton en toutes circonstances si l'on fait varier la quantité de ballast au cours de l'exploitation.

De plus, la quantité de ballast nécessaire pour compenser la présence de la grue n'excédera pas 15% des capacités du ponton au vu de ses dimensions. Si cette quantité n'est pas limitée, le ponton sera alourdi, et pour conserver le même niveau de sécurité vis-à-vis de la stabilité, la charge en pontée sera amoindrie.

La figure 3 ci-dessous illustre la limitation :

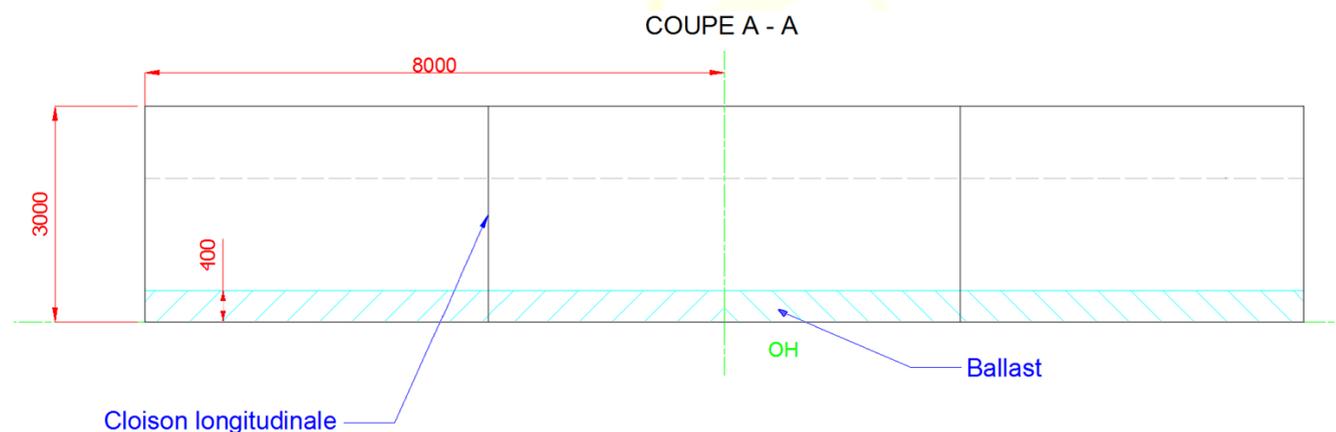


Figure 3 : Illustration de la limitation des ballasts

Lors du dimensionnement de la structure, il conviendra de prendre en compte les caractéristiques spécifiques des compartiments à ballast.

Puits et pieux :

Les puits et les pieux seront au nombre de 3. Ils seront situés à l'arrière du navire, au niveau des compartiments à ballast (on ne veut pas risquer qu'ils soient endommagés par la grue). Les puits devront traverser le ponton de part en part et être parfaitement étanches. On définira un système de guidage et de maintien en position haute (pendant la navigation du ponton). La manipulation des pieux pourrait être effectuée grâce à des treuils de levage à double sens reliés aux pieux par des élingues.

2. LES PLANS DE DÉFINITION :

L'architecte naval produira tous les documents nécessaires et suffisants à la définition du navire. Dans le cadre de cet appel d'offre, deux plans structurels ont été réalisés (figures 4 et 5).

Le premier plan montre la disposition des cloisons (les cloisons en bleu sont étanches, alors que celles en turquoise ne le sont pas). Il y a 5 cloisons transversales et deux longitudinales étanches. On prévoit que les premiers compartiments à l'étrave et la poupe soient étanches pour empêcher l'envahissement du ponton en cas de voie d'eau.

La demi-coupe transversale représente les raidisseurs que l'on prévoit d'utiliser. Il est prévu que nous n'utiliserons que des raidisseurs plats (plus faciles à peindre et à entretenir).

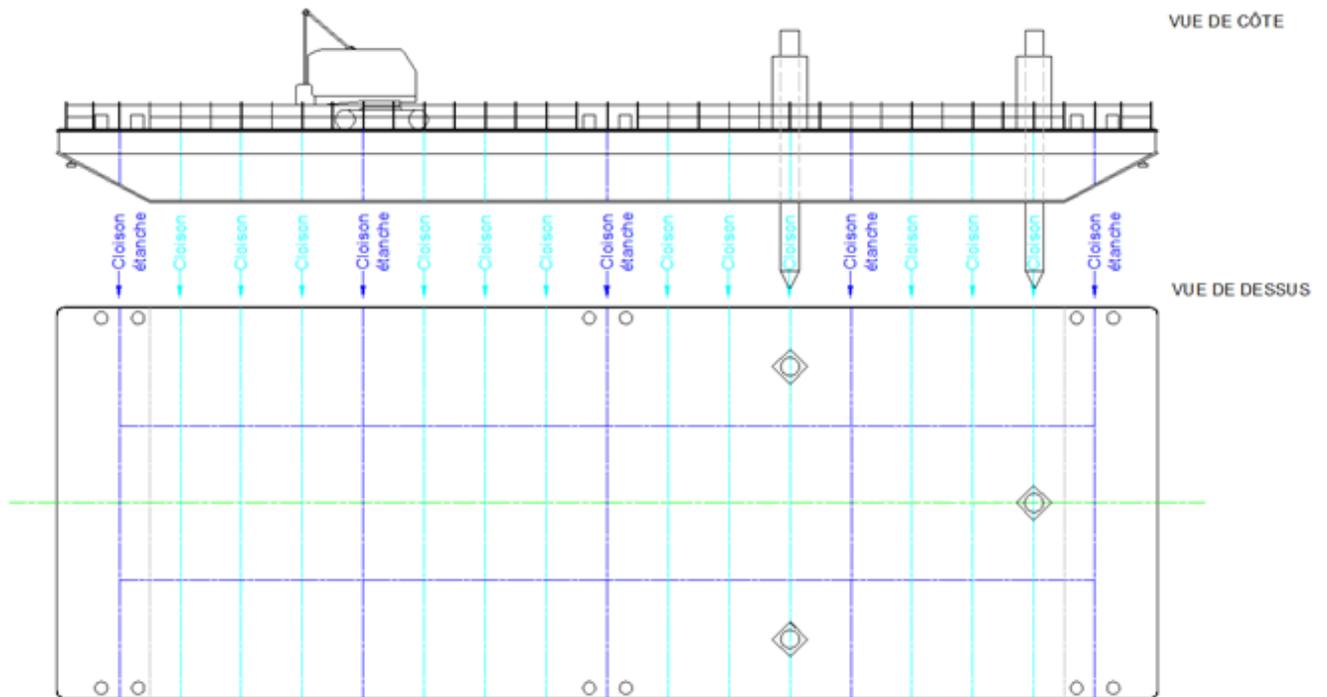


Figure 4 : Répartition des cloisons

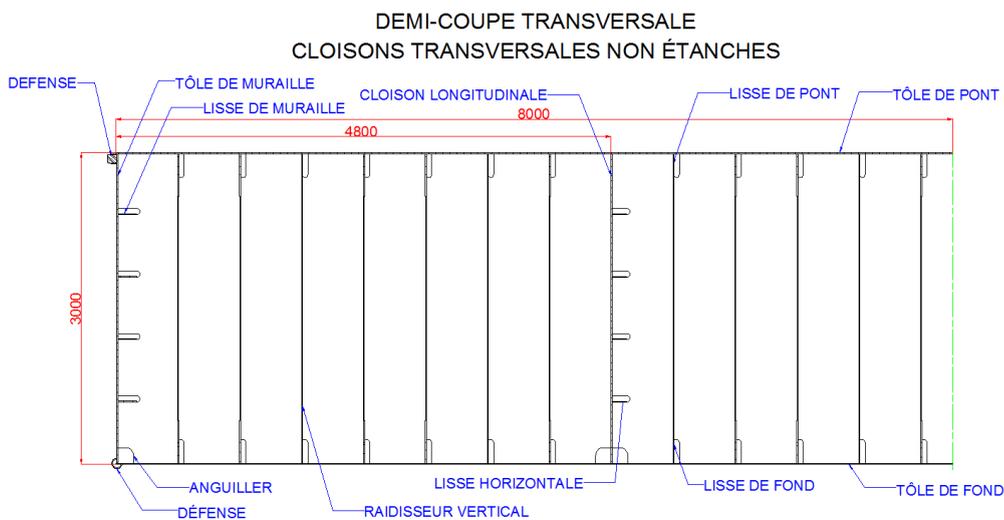


Figure 5 : Échantillonnage de la structure du ponton

Les figures insérées au fil du texte sont issues des plans joints en annexes 18 à 21. On trouvera :

- L'esquisse,
- Le plan de répartition des éléments sur le ponton,
- Le plan de positionnement des cloisons,
- Le plan d'échantillonnage.

3. LA DESCRIPTION DES OPTIONS ET DES VARIANTES ÉVENTUELLES :

Choix du cabinet d'architecture :

Les éléments figurant dans l'appel d'offre nous permettent d'établir une conduite générale pour la réalisation de ce projet. Les principaux choix que nous avons faits sont listés ci-dessous :

- La prise en compte des frais de fabrication sera au cœur de nos préoccupations, et nous faisons toujours le maximum pour les minimiser, tout comme les frais d'entretien. Par exemple, nous limitons la quantité et la variété des matériaux, et simplifions les formes au maximum pour minimiser la longueur des soudures.
- De manière générale, nous privilégierons les solutions techniques simples. Cela permettra de faciliter l'utilisation du ponton, mais aussi sa fabrication. Cela engendre généralement une diminution des coûts de revient et des frais d'entretien.
- La sécurité de l'équipage est, selon nous, l'élément le plus important du travail d'architecture navale. Beaucoup de décisions découlent de cette considération. Par exemple, il ne paraît pas envisageable que le ballast puisse être utilisé pour compenser l'influence de la charge en pontée sur l'assise du navire. En effet, il en faudrait une grande quantité pour compenser une telle charge. Or, dans le cas où la grue viendrait à perdre sa charge manutentionnée accidentellement, l'influence d'une telle quantité de ballast serait très dangereuse pour la flottabilité du navire et la sécurité de son équipage.

Variantes :

Différentes options peuvent être proposées :

- On peut envisager une autre possibilité pour protéger le pont du poinçonnement qu'une tôle d'usure : l'installation d'un chemin de circulation.
- Pour la manipulation des pieux, on peut prévoir un système hydraulique. Il permettra de les manœuvrer aisément, et aussi de les maintenir en position.
- Il nous paraît intéressant que le ponton soit équipé de 4 pieux au lieu de 3. Cela permettrait qu'ils soient répartis de chaque côté du ponton comme la figure 6 ci-dessous le montre :

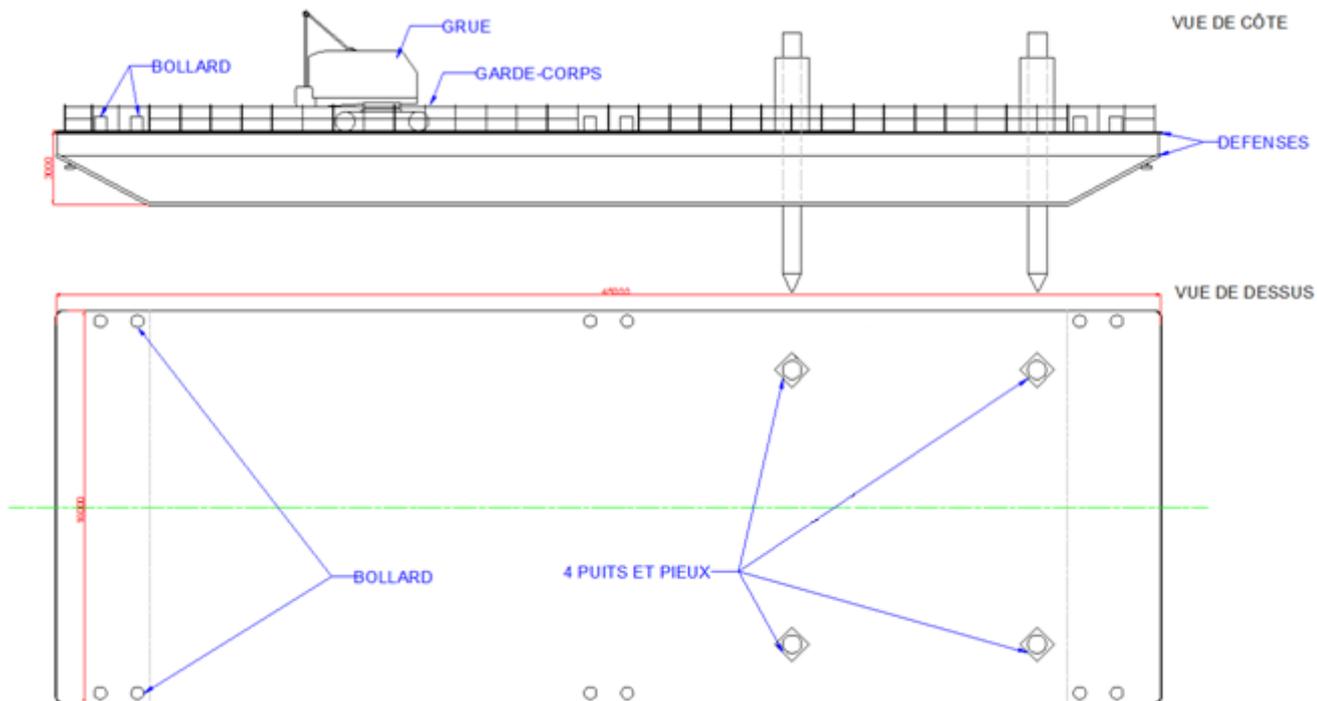


Figure 6 : Ponton équipé de 4 pieux

Titre Cinquième : Montant de l'offre

La proposition de l'entreprise ANIE-2R s'élève à [REDACTED] euros hors taxes ([REDACTED] € H.T.).

Total H.T.	[REDACTED]
T.V.A. :	19,6 %
Total T.T.C.	[REDACTED]
Net à payer	[REDACTED] €

Fait à Port-de-Bouc, le 16 novembre 2012

Hubert REYMOND

Annexe C

Plans

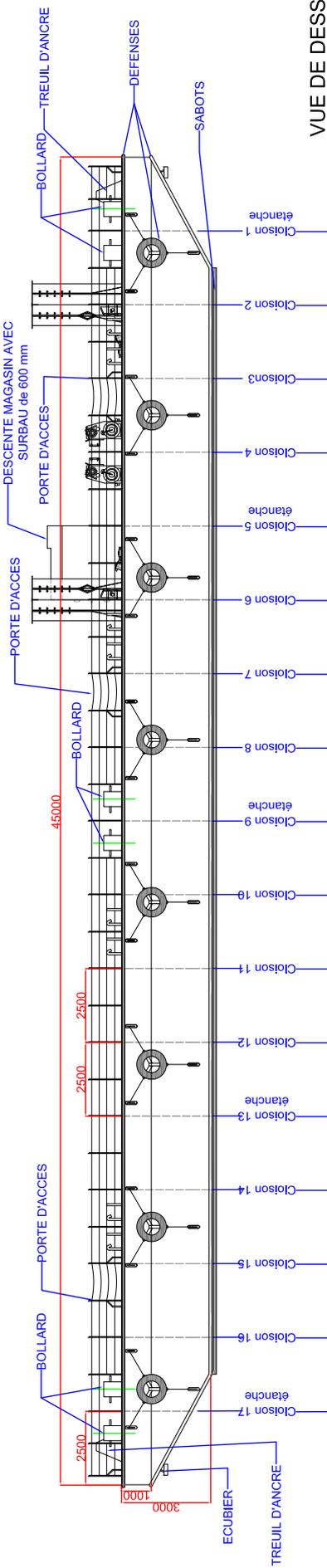
Liste des plans

<i>Plan n°</i>	<i>Feuille</i>	<i>Nom</i>
JR-005-ST-DWG-001	1/1	Plan d'ensemble
JR-005-ST-DWG-002	1/1	Coupes longitudinales
JR-005-ST-DWG-003	1/2	Cloisons transversales zone de roulage grue
JR-005-ST-DWG-003	2/2	Cloison transversale n° 6 zone de roulage grue
JR-005-ST-DWG-004	1/3	Cloisons transversales étanches zone de roulage grue
JR-005-ST-DWG-004	2/3	Cloison transversale étanche n°5 zone de roulage grue
JR-005-ST-DWG-004	3/3	Détail goussets des lisses de cloison longitudinale à la cloison n° 5
JR-005-ST-DWG-005	1/2	Cloisons transversales hors zone de roulage grue
JR-005-ST-DWG-005	2/2	Cloison transversale n° 2 hors zone de roulage grue
JR-005-ST-DWG-006	1/1	Cloisons transversales étanche n°1
JR-005-ST-DWG-007	1/1	Structure mi-maille zone de roulage grue
JR-005-ST-DWG-008	1/1	Cloisons transversales étanche n°17
JR-005-ST-DWG-009	1/1	Plan de circulation
JR-005-ST-DWG-010	1/2	Répartition des tôles et raidisseurs, pont et murailles
JR-005-ST-DWG-010	2/2	Répartition des tôles et raidisseurs, fond et étraves
JR-005-ST-DWG-011	1/2	Détail des soudures
JR-005-ST-DWG-011	2/2	Note complémentaire pour soudures
JR-005-ST-DWG-012	1/7	Détail structure des puits et des pieux: Coupe transversale
JR-005-ST-DWG-012	2/7	Détail structure des puits et des pieux: Vue en plan
JR-005-ST-DWG-012	3/7	Détail structure des puits et des pieux: paliers supérieurs téflon (x4)
JR-005-ST-DWG-012	4/7	Détail structure des puits et des pieux: paliers inférieurs téflon (x4)
JR-005-ST-DWG-012	5/7	Détail positionnement des goupilles de maintien des pieux en position haute
JR-005-ST-DWG-012	6/7	Détail structure des puits et des pieux: Détail des pieux
JR-005-ST-DWG-012	7/7	Détail structure du fond autour des puits et des pieux: vue en plan
JR-005-ST-DWG-013	1/1	Zone de roulage grue American Hoister 5299
JR-005-ST-DWG-014	1/1	Détail structure étrave

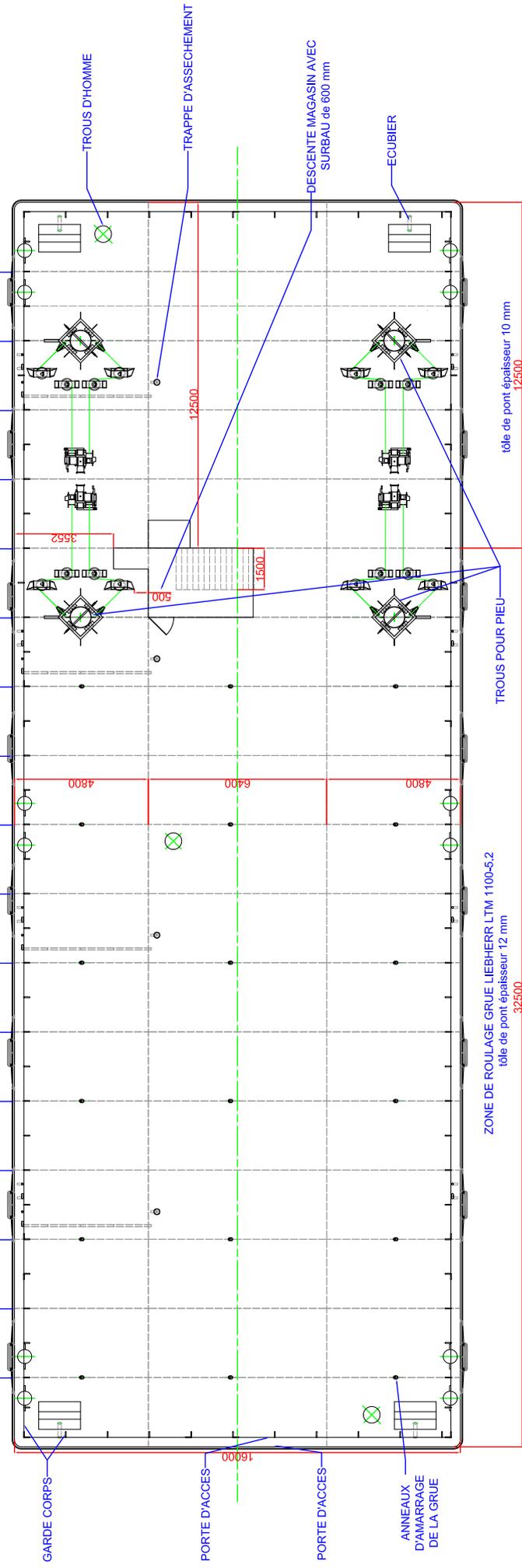
JR-005-ST-DWG-015	1/4	Fiche technique des treuils
JR-005-ST-DWG-015	2/4	Manipulation des pieux
JR-005-ST-DWG-015	3/4	Manipulation des pieux, coupe transversale
JR-005-ST-DWG-015	4/4	Manipulation des pieux, coupe longitudinale
JR-005-ST-DWG-016	1/1	Détail structure des bollards
JR-005-ST-DWG-017	1/1	Détail structure des chandeliers de garde corps
JR-005-ST-DWG-018	1/7	Boîtes à réa : Détail des réas
JR-005-ST-DWG-018	2/7	Boîtes à réa : Détail structure des boîtes, réa horizontal
JR-005-ST-DWG-018	3/7	Boîtes à réa : Détail structure des boîtes, réa incliné
JR-005-ST-DWG-018	4/7	Boîtes à réa : Détail structure des boîtes, réa vertical
JR-005-ST-DWG-018	5/7	Boîtes à réa : Détail des tôles (supérieures et inférieures) à usiner des boîtes à réas
JR-005-ST-DWG-018	6/7	Boîtes à réa : Renforts sous pont
JR-005-ST-DWG-018	7/7	Boîtes à réa : Détail des renforts sous boîtes à réa verticale
JR-005-ST-DWG-019	1/2	Anneaux de saisissage grue : Détail des anneaux
JR-005-ST-DWG-019	2/2	Anneaux de saisissage grue : Détail de la liaison structurelle
JR-005-ST-DWG-020	1/2	Détail saisissage défenses
JR-005-ST-DWG-020	2/2	Détail saisissage défenses : vue d'ensemble
JR-005-ST-DWG-021	1/1	Détail des portes étanches
JR-005-ST-DWG-022	1/2	Détail de la descente d'accès au magasin
JR-005-ST-DWG-022	2/2	Détail de la descente d'accès au magasin, coupe
JR-005-ST-DWG-023	1/2	Positionnement système d'assèchement
JR-005-ST-DWG-023	2/2	Système d'assèchement, Détails
JR-005-ST-DWG-024	1/1	Positionnement des anodes sacrificielles
JR-005-ST-DWG-025	1/1	Système de fixation des sabots

NB : Les plans en turquoise figurent dans cette annexe.

VUE DE CÔTE



VUE DE DESSUS



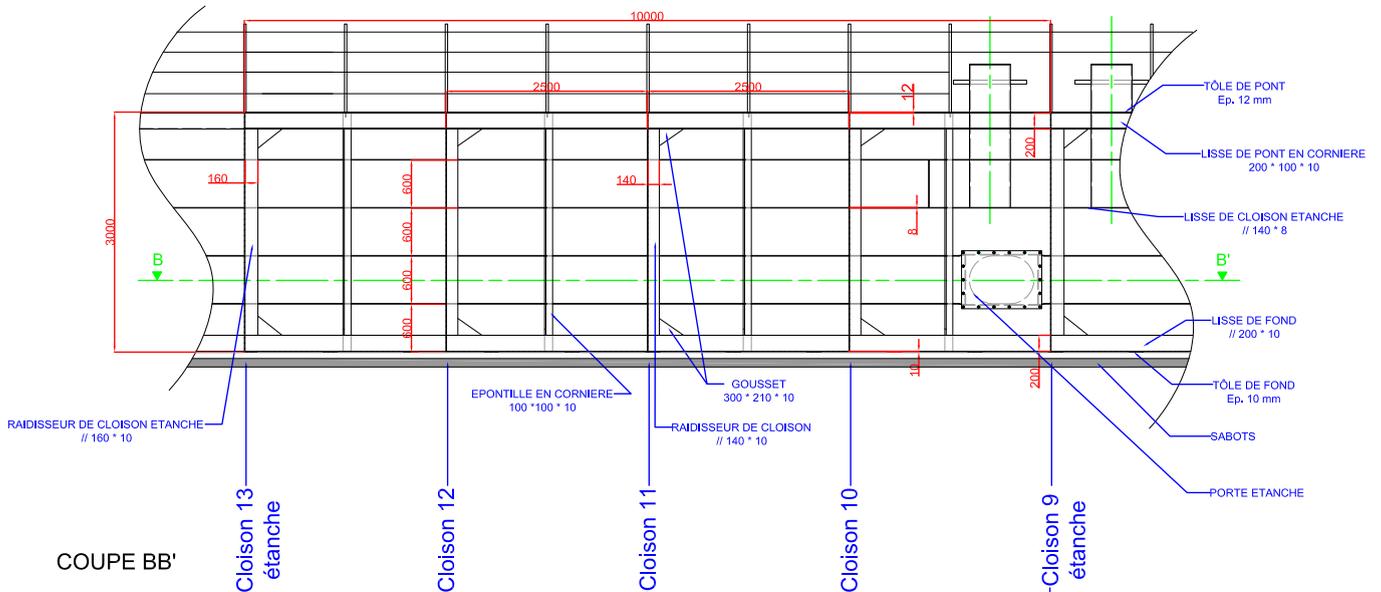
Notes:

La zone de roulage grue sera doublée d'une tôle d'usure de 5 mm (hors trappes d'assèchement) avec soudures bouchon espacées de 500 mm au maximum.

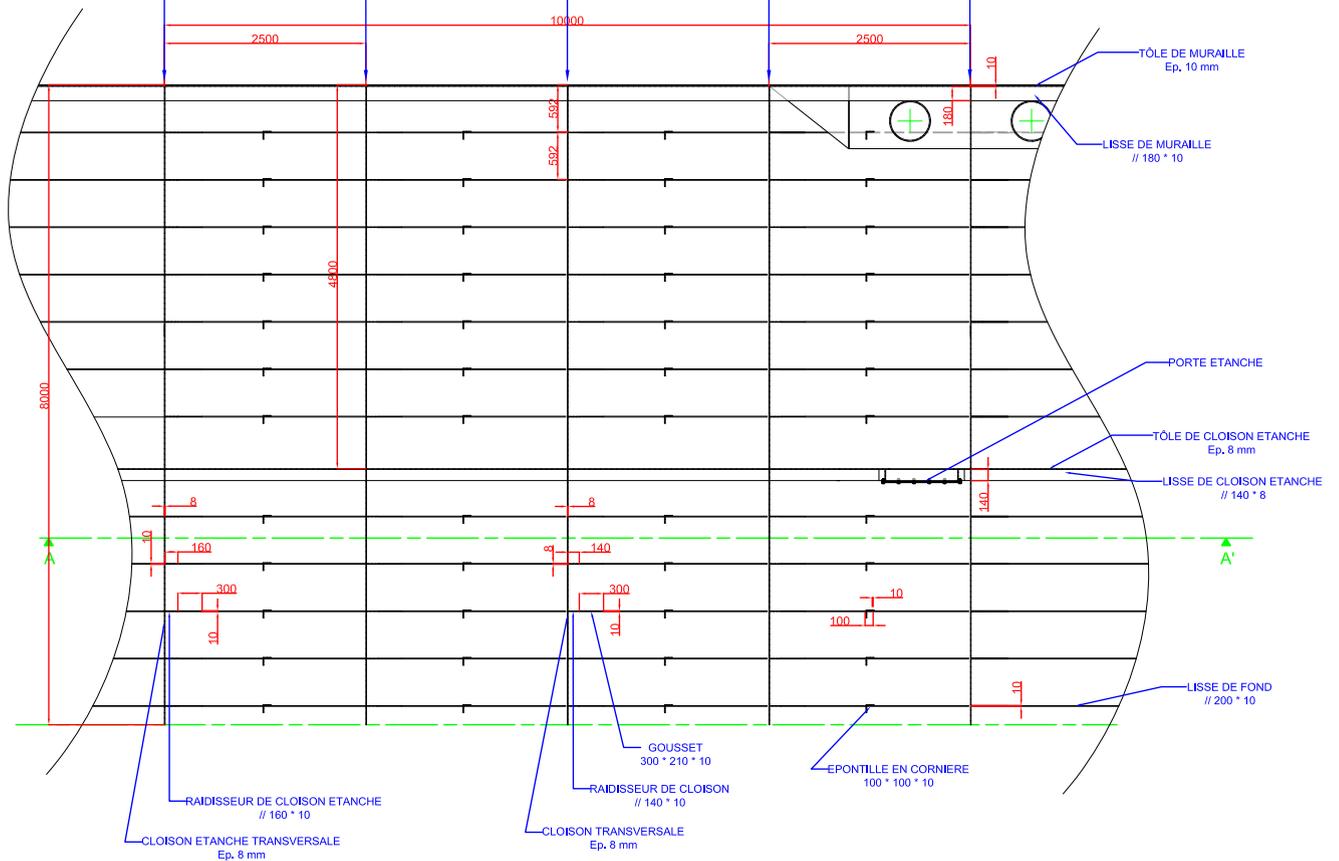
Rév	Date	Description	Dessiné par	Vérifié par	Approuvé par

CLIENT	CONTRACTANT	SOUS-TRAITANT ETUDE
SAROST S.A.	Medco SA Mediterranean Contractor Immeuble Freg, 3rd Floor, Rue Lac Biwa Les Berges du Lac - Tunis - 1053 - Tunisia Phone: +216 71 862 658 / Fax: +216 71 862 651	ANIE 2R ANIE 2R - Méditerranéenne de Travaux et d'Etudes
Ce document est établi par MEDCO et ne peut être en aucun cas utilisé ou reproduit sans son accord préalable et écrit		
N°CONTRACT: JR 05-06		
UTILISATEUR FINALE: SAROST		
PROJET: CONSTRUCTION D'UNE BARGE 45m x 16m x 3 m		
PLAN D'ENSEMBLE		
TYPE DOC: DWG	Discipline: STRUCTURE	Fichier électronique: BARGE
Réf compagnie: JR-005-ST-DWG-001-REV7	Revision: 7	Scale: 1/150
Réf contracteur:		Feuille: 1/1

COUPE AA'



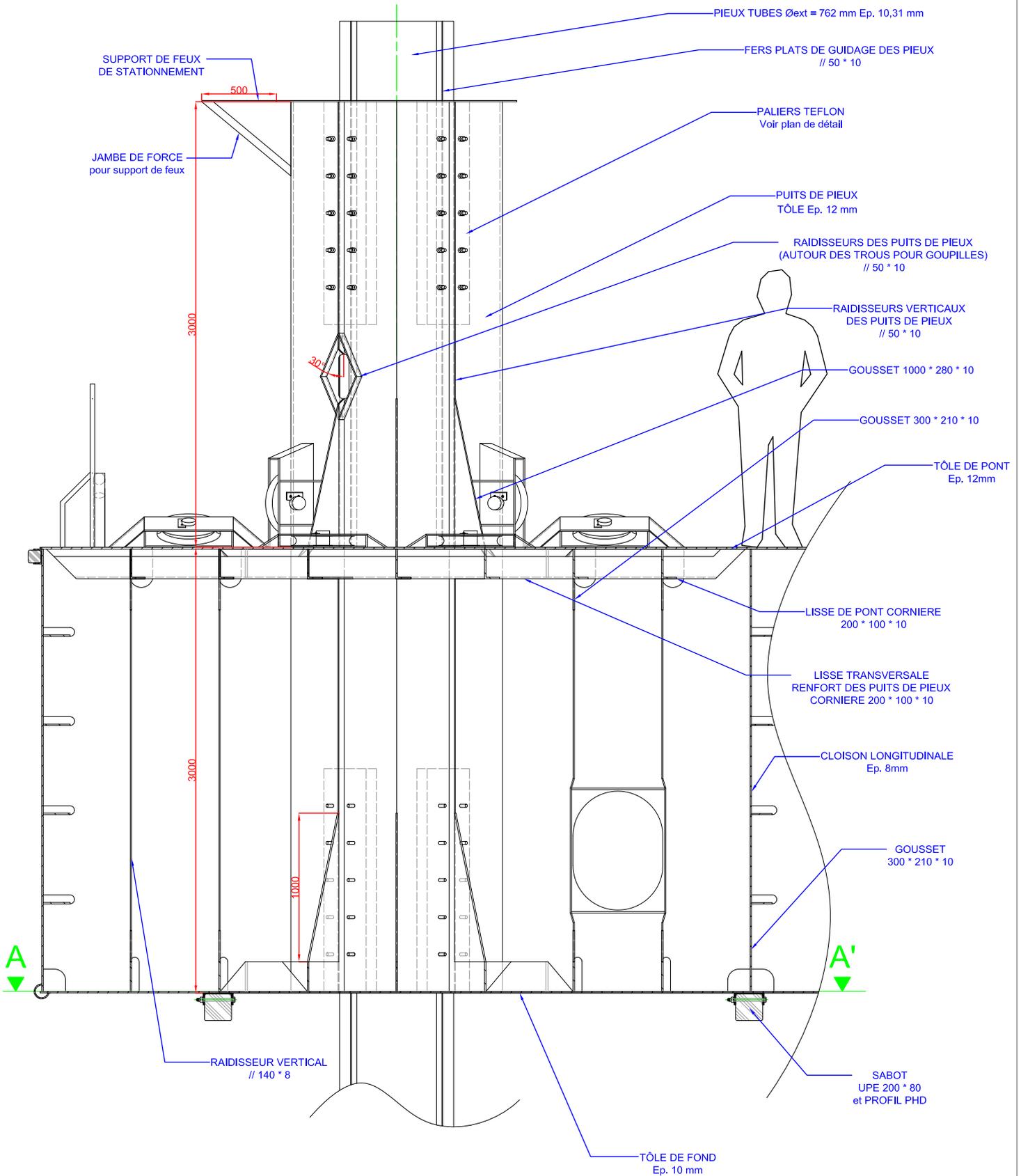
COUPE BB'



Notes: L'époutillage en cornière 100x100x10 ne concerne que la zone de roulage de la grue.

Rév	Date	Description	Dessiné par	Vérifié par	Approuvé par

CLIENT	CONTRACTANT	SOUS-TRAITANT ETUDE
	 Medco SA Médiennance Contractor Immeuble Pfg 3rd Floor Rue Lac Bwa Les Berges du Lac - Tunis - 1053 - Tunisie Phone: +216 71 862 658 / Fax: +216 71 862 651	
Ce document est établi par MEDCO et ne peut être en aucun cas utilisé ou reproduit sans son accord préalable et écrit.		
N°CONTRACT: JR 05-06		UTILISATEUR FINALE: SAROST
PROJET: CONSTRUCTION D'UNE BARGE 45m x 16m x 3 m		
COUPES LONGITUDINALES		
TYPE DOC: DWG	Discipline: STRUCTURE	Fichier électronique: BARGE
Réf compagnie:	JR-005-ST-DWG-002-REV4	Scale: 1/60.67
Réf contracteur:		Feuille: 1/1



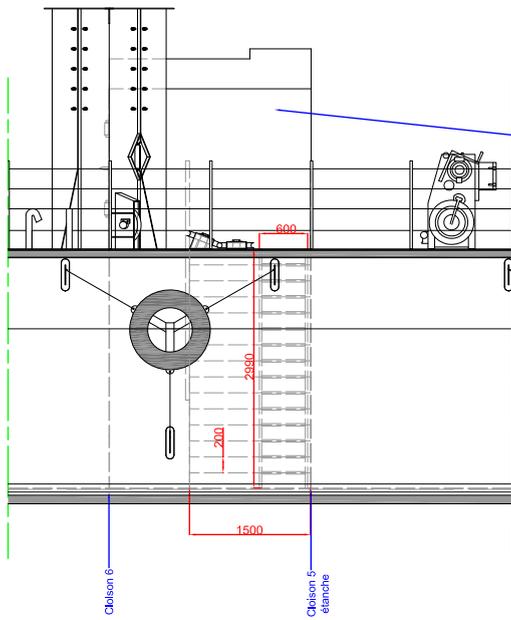
Notes:

Les gardes corps qui sont à côté des boîtes à réas ont leur jambe de force orientée vers l'extérieur de la barge.

Rév	Date	Description	Dessiné par	Vérifié par	Approuvé par

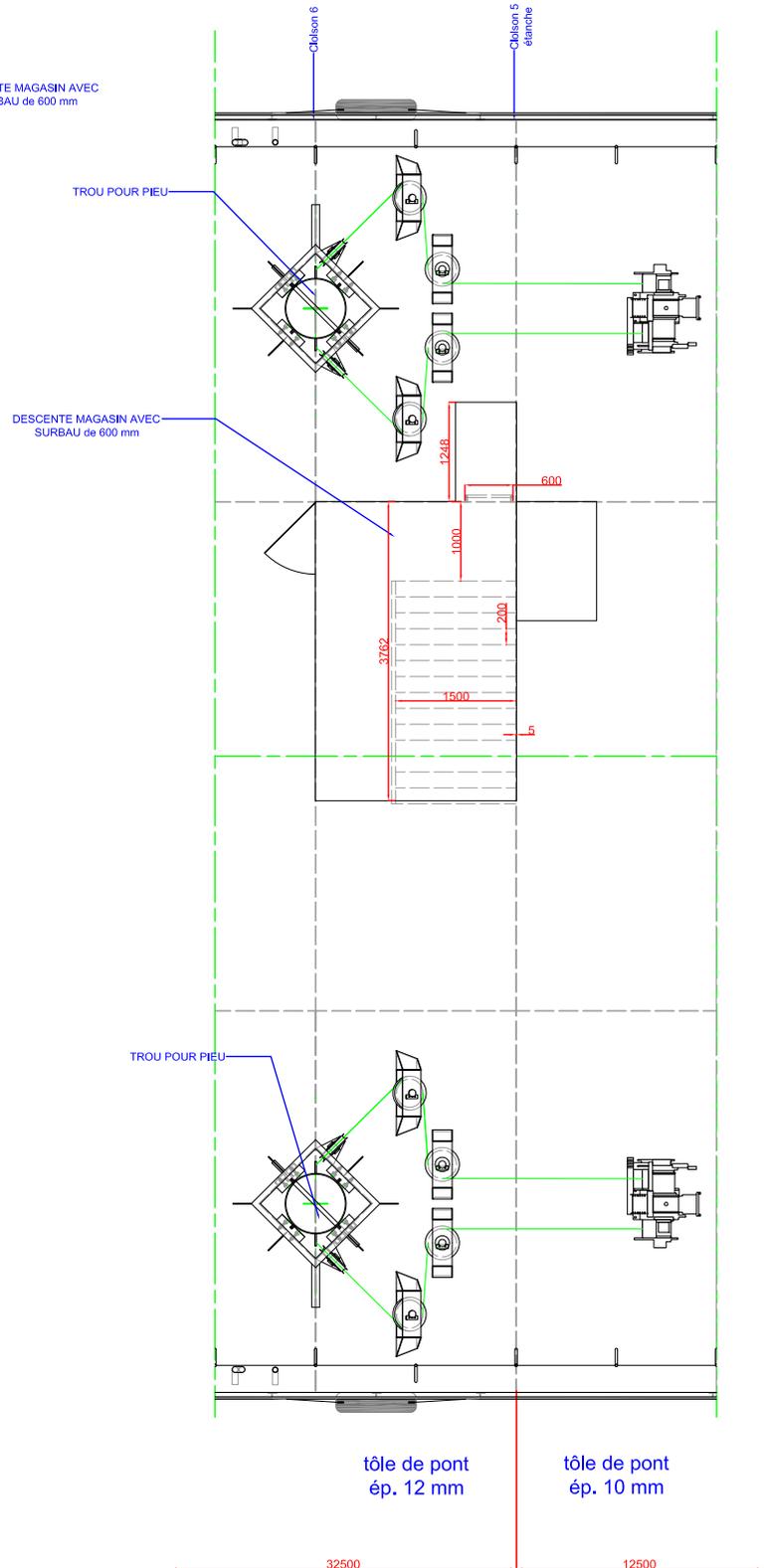
CLIENT 	CONTRACTANT Medco SA Mediterranean Contractor Avenue de l'Éclair, 200 Floor Rue des Bains Les Bains de la Mer - 10630 - TUNIS Phone: +216 71 862 658 / Fax: +216 71 862 651	SOUS-TRAITANT ETUDE
Ce document est établi par MEDCO et ne peut être en aucun cas utilisé ou reproduit sans son accord préalable et écrit. N° CONTRACT: JR 05-06 UTILISATEUR FINALE: SAROST		
PROJET: CONSTRUCTION D'UNE BARGE 45m x 16m x 3 m DETAIL STRUCTURE DES Puits ET DES PIEUX: COUPE TRANSVERSALE		
TYPE DOC: DWG Réf compagnie: JR-005-ST-DWG-012-REV5 Réf contracteur:	Discipline: STRUCTURE Révison:	Fichier électronique: BARGE Scale: 1/25 Feuille: 1/7

VUE DE CÔTE



DESCENTE MAGASIN AVEC SURBAU de 600 mm

VUE DE DESSUS



Dimensions

Situation	Critère	Dimension
Cabine de descente	Epaisseur tôles	5 mm
	Longueur	3m70
	Largeur	1m50
Escalier d'accès au magasin	Epaisseur tôles	4 mm
	Longueur	2m80
	Largeur	1m50
Échelle	Ø tubes	30 mm
	Hauteur	2m99
	Largeur	600 mm

Notes:

Rév	Date	Description	Dessiné par	Vérifié par	Approuvé par

CLIENT 	CONTRACTANT Medco SA Méditerranéen Contractor Immeuble Fmg, 3rd Floor Rue Lac Biva Les Berges du Lac - Tunis - 1053 - Tunisia Phone: +216 71 862 658 / Fax: +216 71 862 651	SOUS-TRAITANT ETUDE
Ce document est établi par MEDCO et ne peut être en aucun cas utilisé ou reproduit sans son accord préalable et écrit N°CONTRACT: JR 05-06 UTILISATEUR FINALE: SAROST		
PROJET: CONSTRUCTION D'UNE BARGE 45m x 16m x 3 m Détail de la descente d'accès au magasin		
TYPE DOC: DWG Réf compagnie:	Discipline: STRUCTURE JR-005-ST-DWG-022-REV4	Fichier électronique: BARGE Scale: 1/50 Feuille: 1/2
Révisé par:	Approuvé par:	Revisé par:

Annexe D

Etude de stabilité

**IRISH ROSE LIBERATION
ANIE-2R**

Résidence Vauban
Port Renaissance
13110 PORT DE BOUC
Tél : 04.42.06.05.09
Port : 06.82.68.06.51
Mail : francois.rose4@wanadoo.fr
Siret : 38851229500030

Gérant :

Hubert REYMOND :

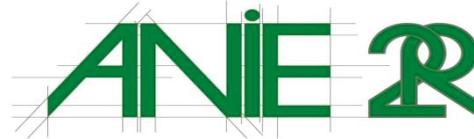
- Ingénieur diplômé de l'Ecole Supérieure des Techniques Aéronautiques et de la construction Automobile
- Diplômé d'un master II d'architecture navale à l'Université de Southampton (Major de la promotion 2008).
- Architecte naval IFAN
- Expert Maritime Plaisance certifié E.E.A.
- Membre probatoire de la Chambre Nationale des Experts Maritimes Plaisance
- Expert recommandé par le C.E.S.A.M.

Conseiller :

François ROSE :

- Ingénieur Civil du Génie Maritime
- Capitaine de frégate (H)
- Membre de la Chambre des Experts Fluviaux
- Membre honoraire de la Chambre Nationale des Experts Maritimes Plaisance

En cas de contestation, le Tribunal d'Aix-en-Provence est seul compétent, même en cas d'appel ou de pluralité de défendeurs.



Architecture Navale Ingénierie Expertise Rose Reymond

**Dossier de stabilité a l'état intact du ponton
MEDCO**

---oooo0000oooo---

V/Réf. Ponton "MEDCO" 45 x 16 m

N/Réf. Dossier n° 12116

Titre Premier : Description du programme de calcul :

1.1 / Généralités:

Les formes et dimensions du bateau sont définies par 21 sections transversales (stations), cotées sur l'annexe n°1. Cette saisie a été établie à partir des plans du plan de formes du ponton, n°12116 - 01, joint en annexe n°2. Un plan de ballastage et un plan de cloisonnement du ponton figurent aussi en annexes n°3 et 4. La charge et la flèche de la grue sont prises égales aux données prises en compte par le Bureau Veritas pour la grue sur chenilles AMERICAN HOIST 5299A.

La ligne de référence correspond au fond du bateau (point hors-tout le plus bas).

L'origine des abscisses est la perpendiculaire avant (PPAv, comme indiqué sur le plan de forme n°12116 - 01).

Les calculs ont été effectués en considérant la densité de l'eau égale à 1,025.

1.2 / Déroulement du calcul :

Les calculs sont effectués au moyen du logiciel AUTOHYDRO de la société *AUTOSHIP Systems Corporation* dont nous avons acquis la licence d'exploitation.

Les annotations des tableaux issus du programme étant en langue anglaise, un lexique est proposé en annexe n°75.

Les critères de stabilité pris en compte sont ceux décrits par les dispositions techniques du chapitre 19 de la partie D de la classification pour navire de construction en acier NR467.

Titre Deuxième : Données utilisées et situations étudiées:

2.1 / Caractéristiques de la carène :

Les tableaux et le graphique des annexes n°7 à 24 regroupent les données hydrostatiques de base de la carène du bateau pour des flottaisons espacées de 1 cm, en assiette (- trim) nulle.

La définition des points critiques et du point d'envahissement (porte de la descente du magasin) figurent également sur ce document, et le plan des points d'envahissement est joint en annexe n°5. Les éléments pantocarènes figurent en annexe n°25.

2.2 / Caractéristiques du navire léger:

Les caractéristiques du bateau léger (masse et la hauteur du centre de gravité) utilisées pour la suite de l'étude sont celles calculées à partir des échantillonnages des matériaux utilisés pour la construction du bateau.

La définition du bateau léger représente donc le ponton sans poids supplémentaire (pas de grue, charge, charge en pontée, équipage ni ballast) avec les quatre pieux en position haute, situation la plus défavorable.

Le franc-bord géométrique, calculé selon les dispositions de la résolution de sécurité maritime MSC.143(77), est inférieur au franc-bord utilisé pour la définition de la structure. On considère donc, afin de respecter ces données, un franc-bord de 1 m, comme indiqué dans la note technique FPO/13/04132.

2.3 / Caractéristiques des autres poids intervenants dans la stabilité:

Les poids de la grue et de sa charge sont pris conformément aux informations utilisées par le Bureau Veritas et communiquées dans les notes FPO concernant le navire. La grue considérée est de type AMERICAN HOIST 5299A, et une charge maximale de 55 tonnes a été considérée à 3,70m de l'axe de rotation de la grue, générant un moment inclinant maximal. Une fiche technique de la grue est fournie en annexe n°26.

Les positions de la grue varient afin de toujours étudier la situation la plus défavorable au regard de la stabilité. La charge est étudiée en cas de moment inclinant longitudinal maximal, en cas de moment inclinant transversal maximal, et en cas de hauteur du point d'accroche de la charge.

Le volume du ballast a été déterminé afin d'équilibrer longitudinalement la présence de la grue sur le ponton afin d'avoir une assiette nulle. Le poids de ballast est fixé à 45 tonnes d'eau de mer, et il n'est pas prévu qu'il soit modifié pendant les opérations de chargement. Le centre de gravité du ballast a été calculé pour prendre en compte l'effet de carène liquide (ZGballast = 8,80m).

Hormis les ballasts, aucun réservoir n'est présent à bord. Le tableau des capacités figure en annexes n°27 à 29.

Le personnel embarqué est considéré constitué de 10 personnes pour les calculs. Les positions des travailleurs varient d'une situation à une autre, pour prendre en compte leur mobilité, notamment autour de la grue. Les coordonnées du centre de gravité sont adaptées à chaque situation comme figurant sur les plans d'illustration fournis en annexes.

La charge en pontée est limitée à 650 tonnes afin de ne jamais dépasser le franc-bord minimal de 1 mètre. La charge en pontée doit être prise centrée longitudinalement et transversalement sur le ponton. On considère une masse volumique de 1,5 t/m³ pour déterminer la hauteur de son centre de gravité.

2.4 / Situations d'exploitation et cas de chargement:

Afin de satisfaire les prescriptions de l'article 1.2.2 de l'appendice 3 du chapitre B, différents cas de chargement et d'exploitation sont étudiés.

Une première partie étudie le ponton sans l'influence de la charge de la grue : ponton léger, ponton en condition de départ (ponton avec grue et ballast), ponton en condition d'arrivée (ponton avec grue, ballast et charge en pontée).

La seconde partie étudie l'influence de la charge manutentionnée sur le ponton en condition de départ, puis en condition d'arrivée.

Le tableau ci-dessous récapitule les poids présents dans chaque situation :

Cas	Situation	Ponton	Équipage	Ballast	Grue	Charge grue	Charge en pontée
Cas A - 1	Ponton léger	X					
Cas A - 2	Ponton en condition de départ (CD)	X	X	X	X		
Cas A - 3	Ponton en condition d'arrivée (CA)	X	X	X	X		X
Cas B - 1) a	Ponton CD pour moment longitudinal max	X	X	X	X	X	
Cas B - 1) b	Ponton CD pour moment transversal max	X	X	X	X	X	
Cas B - 1) c	Ponton CD en cas de hauteur de charge	X	X	X	X	X	
Cas B - 2) a	Ponton CA pour moment longitudinal max	X	X	X	X	X	X
Cas B - 2) b	Ponton CA pour moment transversal max	X	X	X	X	X	X
Cas B - 2) c	Ponton CA en cas de hauteur de charge	X	X	X	X	X	X

- Cas A - 1: Stabilité intacte du ponton léger
- Cas A - 2: Stabilité intacte en condition de départ (ponton, équipage, grue et ballast)
- Cas A - 3: Stabilité intacte en condition d'arrivée (ponton, équipage, grue et ballast, et charge en pontée)
- Cas B - 1) a: Stabilité intacte en condition de départ pour un moment inclinant longitudinal maximal (ponton, équipage, grue et ballast, charge manutentionnée longitudinale)
- Cas B - 1) b: Stabilité intacte en condition de départ pour un moment inclinant transversal maximal (ponton, équipage, grue et ballast, charge manutentionnée transversale)
- Cas B - 1) c: Stabilité intacte en condition de départ en cas de hauteur maximale du point d'accroche (ponton, équipage, grue et ballast, charge manutentionnée haute)
- Cas B - 2) a: Stabilité intacte en condition de départ pour un moment inclinant longitudinal maximal (ponton, équipage, grue et ballast, charge manutentionnée longitudinale et charge en pontée)
- Cas B - 2) b: Stabilité intacte en condition de départ pour un moment inclinant transversal maximal (ponton, équipage, grue et ballast, charge manutentionnée transversale et charge en pontée)
- Cas B - 2) c: Stabilité intacte en condition de départ en cas de hauteur maximale du point d'accroche (ponton, équipage, grue et ballast, charge manutentionnée haute et charge en pontée)

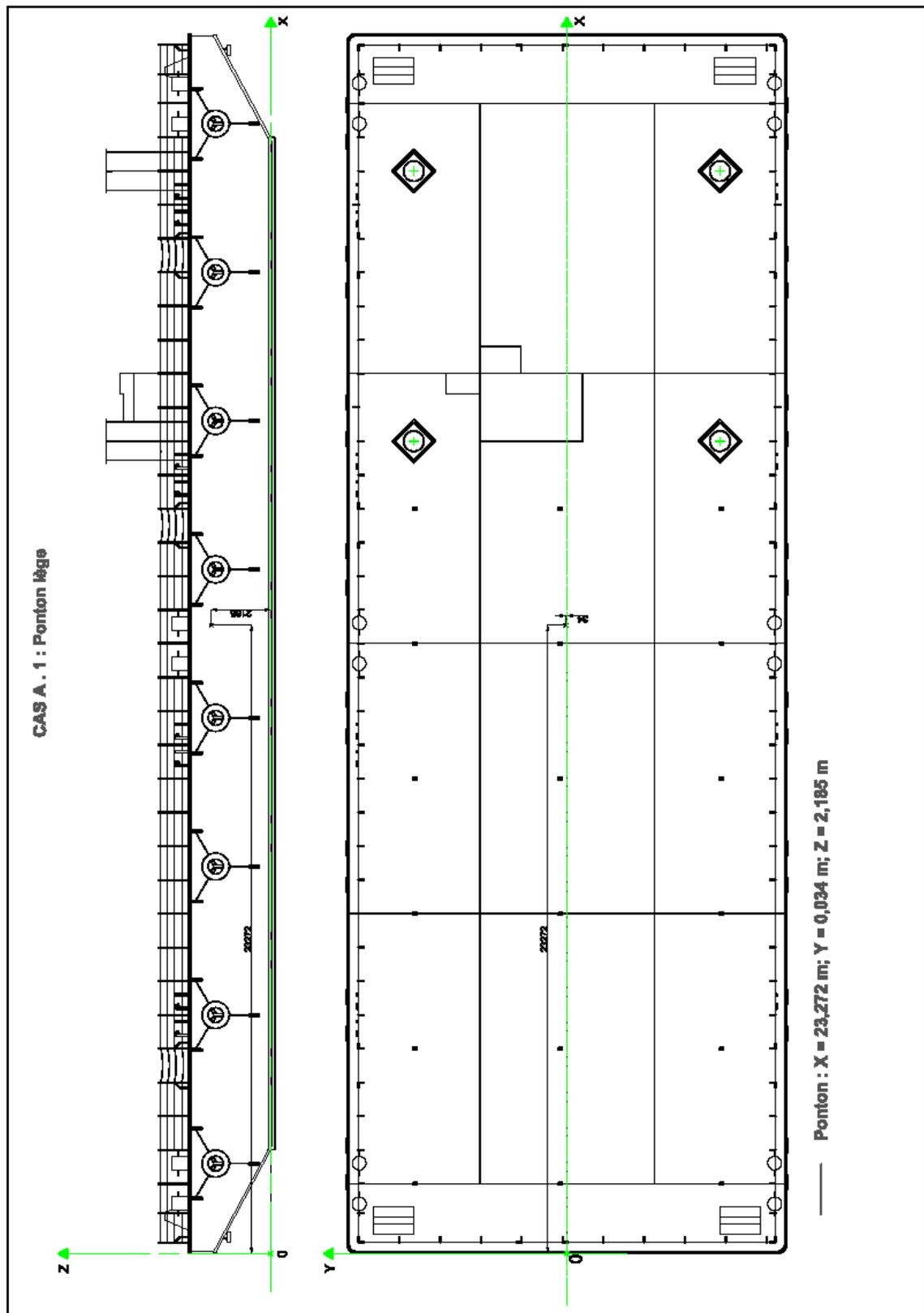
Titre Troisième : Stabilité à l'état intact :

3.1 / Cas A - 1: Stabilité intacte du ponton léger

La situation d'exploitation considérée ci-dessous correspond au cas de chargement suivant :

- Ponton léger en ordre de marche avec les pieux en position haute
- Aucun équipement ou personnel embarqué

Voici une représentation de ce cas de chargement figure, qui apparait aussi en annexe n°30.



Le tableau suivant contient les informations du devis de poids dans ce cas de chargement :

CAS A - 1	Masse (t)	x (m)	y (m)	z (m)	M.x	M.y	M.z
Ponton léger en ordre de marche	394,101	23,27	0,03	2,19	9171,696	13,309	861,235
TOTAL	394,101	23,27	0,03	2,19			

Les tableaux et graphique des annexes n°31 à 33 expriment les caractéristiques détaillées de la stabilité initiale dans ce cas de chargement.

Les calculs effectués à partir des chiffres exprimés et les renseignements fournis par le logiciel permettent de déterminer:

- la hauteur métacentrique à l'équilibre $GM_{equ} = 33,117 \text{ m}$;
- l'angle de gîte correspondant au bras de levier de redressement maximal $\theta_{max} = 22,92^\circ$;
- le bras de levier à 30° $H_{30} = 4,753 \text{ m}$;

1. Critères réglementaires

Afin de vérifier les critères relatifs à la stabilité à l'état intact d'un ponton, la courbe des bras de levier de redressement figure en annexe n°34 et fournit les informations suivantes :

Soit A_{max} , l'aire sous la courbe des bras de levier jusqu'à θ_{max} :

$$A_{max} = 1,472 \text{ m.rad}$$

Soit θ_s , l'angle de stabilité statique tel que:

$$\theta_s > 50^\circ$$

Le moment induit par la pression du vent est calculé à partir des informations suivantes :

- La pression du vent égale à **0,54kPa**,
- La surface de prise au vent **A = 120,96 m²**
- La distance entre le centre de gravité de la surface de fardage et la moitié du tirant d'eau, **L_v = 1,856 m**

On applique la formule :

$$M_v = p \times A \times L_v$$

$$M_v = (0,54 \times 120,96 \times 1,856) = 121,23 \text{ kN.m}$$

Avec Δ le déplacement du bateau dans ce cas de chargement, on détermine GZ_v , le bras de levier correspondant au moment M_v :

$$GZ_v = \frac{M_v}{1 \times \Delta}$$

$$GZ_v = 121,23 / (9,81 \times 394,101) = 0,031 \text{ m.}$$

Ce bras de levier, reporté graphiquement sur la courbe, indique un angle dû à la pression du vent $\theta_v = 0,10^\circ$. Comme l'angle d'immersion du livet $\theta_L = 23,33^\circ$, le critère suivant est satisfait :

$$\theta_v < \frac{\theta_L}{2}$$

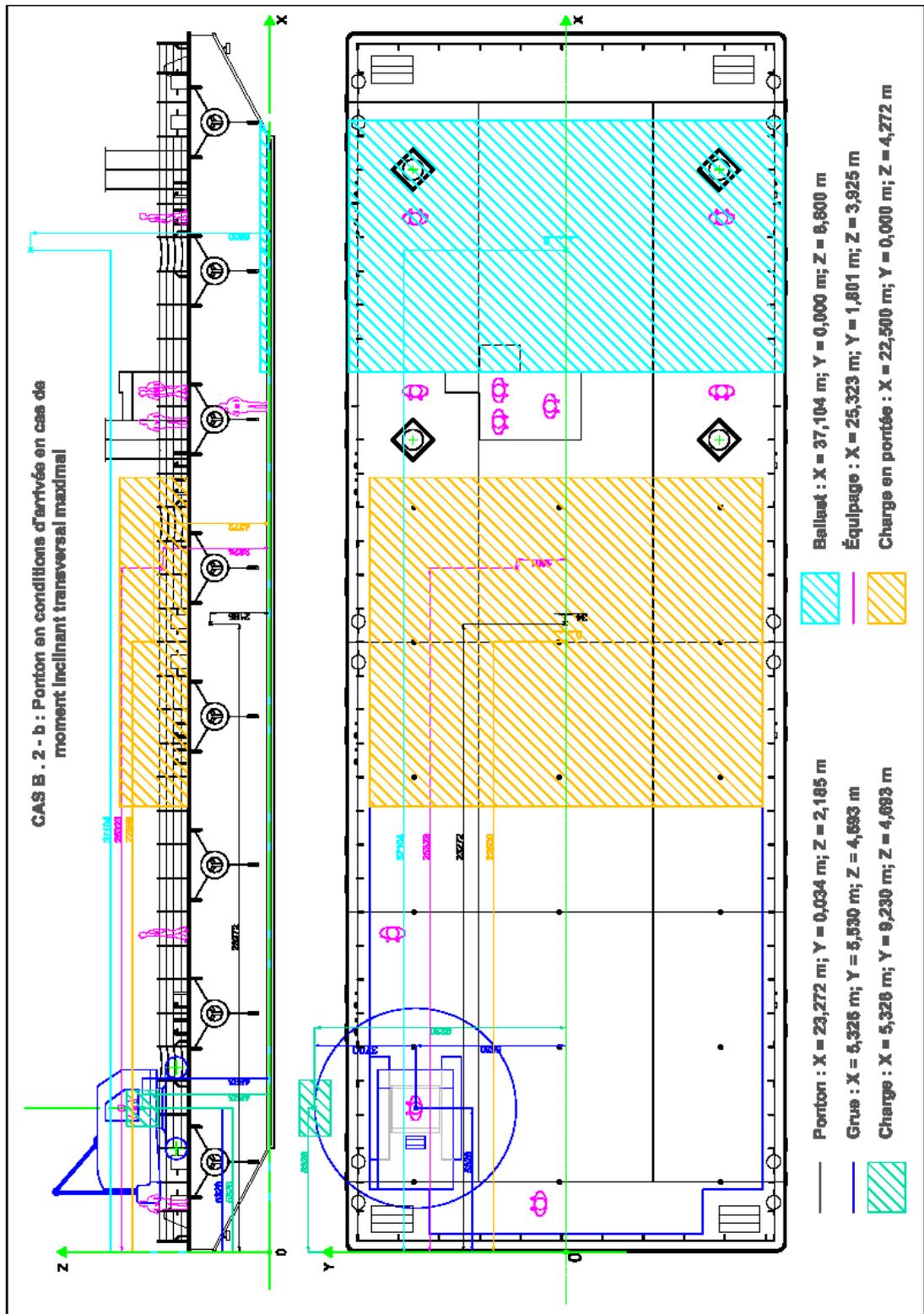
Ainsi tous les critères réglementaires de stabilité sont vérifiés.

3.8 / Cas B – 2) b : Stabilité intacte en condition d'arrivée pour un moment inclinant transversal maximal

La situation d'exploitation considérée ci-dessous correspond au cas de chargement suivant :

- Ponton léger en ordre de marche avec les pieux en position haute
- Personnel embarqué
- Grue
- Charge manutentionnée
- Charge en pontée
- Ballast

Voici une représentation de ce cas de chargement figure, qui apparaît aussi en annexe n°65.



Le tableau ci-dessous récapitule le devis de poids du cas de chargement considéré :

CAS B - 2) b	Masse (t)	x	y	z	M.x	M.y	M.z
Ponton	394,101	23,272	0,034	2,185	9171,696	13,309	861,235
Personnel	0,750	25,323	1,801	3,925	18,992	1,350	2,943
Grue	47,265	5,326	5,530	4,693	251,733	261,375	221,814
Charge grue	55,000	5,326	9,230	4,693	292,930	507,650	258,115
Charge en pontée	650,000	22,500	0,000	4,272	14625,000	0,000	2776,800
Ballast	45,000	37,104	0,000	8,800	1669,680	0,000	396,000
TOTAL	1192,116	21,84	0,66	3,79			

Les tableaux et graphique des annexes n°66 à 68 expriment les caractéristiques détaillées de la stabilité initiale dans ce cas de chargement.

Les calculs effectués à partir des chiffres exprimés et les renseignements fournis par le logiciel permettent de déterminer:

- la hauteur métacentrique à l'équilibre $GM_{\text{equ}} = 9,818 \text{ m}$;
- l'angle de gîte correspondant au bras de levier de redressement maximal $\theta_{\text{max}} = 17,15^\circ$;
- le bras de levier à 30° $H_{30} = 1,110 \text{ m}$;

1. Critères réglementaires

Afin de vérifier les critères relatifs à la stabilité à l'état intact d'un ponton, la courbe des bras de levier de redressement figure en annexe n°69 et fournit les informations suivantes :

Soit A_{max} , l'aire sous la courbe des bras de levier jusqu'à θ_{max} :

$$A_{\text{max}} = 0,222 \text{ m.rad}$$

Soit l'angle de stabilité statique θ_s . L'envahissement ayant lieu avant la perte de stabilité statique, on a :

- $\theta_s = \theta_f = 27,32^\circ$.
- $\theta_s \geq 20^\circ$

Le moment induit par la pression du vent est calculé à partir des informations suivantes :

- La pression du vent égale à **0,54kPa**,
- La surface de prise au vent **A = 117,34 m²**,
- La distance entre le centre de gravité de la surface de fardage et la moitié du tirant d'eau, **$L_v = 2,53 \text{ m}$** .

On applique la formule :

$$M_v = p \times A \times L_v$$

$$M_v = (0,54 \times 117,34 \times 2,53) = 160,12 \text{ kN.m}$$

Avec Δ le déplacement du bateau dans ce cas de chargement, on détermine G_v , le bras de levier correspondant au moment M_v :

$$G_v = \frac{M_v}{1 \times \Delta}$$

$$GZ_v = 160,12 / (9,81 \times 1192,116) = 0,0137 \text{ m}$$

Ce bras de levier, reporté graphiquement sur la courbe, indique un angle dû à la pression du vent $\theta_v = 3,32^\circ$. Il convient de noter que θ_v prend ici en compte l'inclinaison due à la charge manutentionnée ($\theta_{\text{charge}} = 3,24^\circ$) Comme l'angle d'immersion du livet $\theta_L = 7,67^\circ$, le critère suivant est satisfait :

$$\theta > \frac{\theta}{2}$$

Ainsi tous les critères réglementaires de stabilité sont vérifiés.

2. Vérifications complémentaires pour l'utilisation de la grue

Étant donné l'utilisation de la grue sur le ponton, nous souhaitons vérifier la validité des critères du chapitre 19 de la partie D, section 2, article 2.2.2, relatifs à la stabilité intacte des pontons-grues pendant la manutention de la charge.

Cependant, il est à noter que les critères de stabilité du chapitre 19 de la partie D, section 2, article 2.2.3, relatifs à la stabilité intacte des pontons-grues en cas de perte de la charge manutentionnée ne peuvent être vérifiés, puisqu'aucun ballast n'est utilisé pour compenser l'influence de la charge sur l'inclinaison ni l'assiette.

Pour ce faire, nous avons basé notre vérification sur les quatre limites ci-après. Ces considérations figurent aussi sur l'annexe n°69.

Soit b , le bras de levier correspondant à la manutention de la charge.

$$b = \frac{x \cdot d}{\Delta}$$

On a :

- P la masse de la charge manutentionnée et $P = 55$ tonnes,
- d la distance du point d'accroche de la charge par rapport à la grue et $d = 9,23$ m,
- Δ le déplacement du bateau dans ce cas de chargement
- $b = (55 \times 9,23) / 1192,116 = 0,426$ m.

On détermine graphiquement la courbe des bras de levier correspondant à la manutention de la charge obtenue à partir de : $b \cdot \cos\theta$

Soit C le premier point d'intersection des deux courbes de bras de levier.

On a :

- $\theta_c = 5,82^\circ$,
- $GZ_c = 0,423$ m.

Comme :

- $GZ_{\max} = 1,521$ m.

On peut calculer :

$$0,6 \cdot GZ_{\max} = 0,913 \text{ m}$$

On vérifie donc que :

$$\theta_c < 15^\circ$$

$$GZ_c < 0,6 \cdot GZ_{\max}$$

De plus, soit A_{tot} l'aire totale sous la courbe des bras de levier jusqu'à θ_s , et A_1 , l'aire entre la courbe des bras de levier et la courbe des bras de levier correspondant à la manutention de la charge jusqu'à θ_s .

- $A_{\text{tot}} = 0,45$ m.rad,
- $0,4 \cdot A_{\text{tot}} = 0,18$ m.rad,
- $A_1 = 0,30$ m.rad.

On vérifie donc que :

$$A_1 > 0,4 \cdot A_{\text{tot}}$$

Pour finir, le franc-bord résiduel est $FB_{\text{rés}} = 0,611$ m, et on a bien :

$$FB_{\text{rés}} > 0,30 \text{ m}$$

Ainsi toutes les vérifications de stabilité relatives au ponton, ainsi qu'à la manutention de la charge sont validées.

2.10 / Situation du navire au regard des critères réglementaires

La situation du navire au regard de la réglementation en vigueur (Partie D, chapitre 19, section 2, article 2 de la classification NR467 pour les navires en acier) est résumée dans les tableaux ci-dessous.

PARTIE A : Études sans charge manutentionnée

- Cas A - 1: Stabilité intacte du ponton léger

Critères réglementaires	Critères réglementaires		exigé	cas A - 1
	Aire sous la courbe des bras de levier de redressement jusqu'à θ_{max}	A_{max}	> 0,08 m.rad	1,472 m.rad
	Angle de stabilité statique	θ_s	> 20 °	> 50 °
	Angle d'immersion du livet	θ_L	/	23,33 °
	Angle d'inclinaison correspondant au moment induit par la pression du vent	θ_v	> $\theta_L / 2$	0,1, °

PARTIE B - 2 : Études avec charge manutentionnée en condition d'arrivée

- Cas B - 2) b: Stabilité intacte en condition de départ pour un moment inclinant transversal maximal (ponton, équipage, grue et ballast, charge manutentionnée transversale)

Critères réglementaires	Critères réglementaires		exigé	cas B - 2 . b
	Aire sous la courbe des bras de levier de redressement jusqu'à θ_{max}	A_{max}	> 0,08 m.rad	0,222 m.rad
	Angle de stabilité statique	θ_s	> 20 °	27,32 °
	Angle d'immersion du livet	θ_L	/	7,67 °
Angle d'inclinaison correspondant au moment induit par la pression du vent	θ_v	> $\theta_L / 2$	3,32 ° *	
Vérifications complémentaires	Vérifications complémentaires relatives à l'utilisation de la grue			
	Angle d'intersection entre la courbe des bras de levier et la courbe des bras de levier correspondant à la manutention de la charge	θ_c	< 15 °	5,82 °
	Bras de levier maximal	GZ_{max}	/	1,52 m
	Bras de levier de l'intersection entre la courbe des bras de levier et la courbe des bras de levier correspondant à la manutention de la charge	GZ_c	< 0,6. GZ_{max}	0,423 m
	Franc-bord résiduel	$F_{rés}$	≥ 30 mm	0,611 m
	Aire totale sous la courbe des bras de levier jusqu'à θ_s	A_{tot}	/	0,45 m.rad
	Aire comprise entre la courbe des bras de levier et la courbe des bras de levier correspondant à la manutention de la charge jusqu'à θ_s	A_1	≥ 0,4. A_{tot}	0,30 m.rad

* Critère limitant

es critères de stabilité sont donc satisfaits pour toutes les situations d'exploitation étudiées.

Titre Quatrième : Conclusions:

Au regard des résultats détaillés précédemment, le ponton MEDCO satisfait les prescriptions techniques relatives à la stabilité à l'état intact pour les pontons et pontons-grue décrites dans la classification NR467 relatives à la construction de navires en acier.

Les limites et conditions d'exploitation suivantes doivent être respectées:

- **'utilisation de la grue AMERICAN HOIST 5299A doit à tout moment respecter les conditions d'exploitations détaillées par le constructeur :**
 - **Le moment généré par la charge manutentionnée ne doit pas excéder les prescriptions du constructeur de la grue.**
 - **La grue devra toujours être arrimée sur le ponton, comme indiqué dans la note technique FPO/13/04132.**

- **L'utilisation du ballast devra respecter les conditions suivantes :**
 - **La masse de ballast est strictement limitée à 45 tonnes.**
 - **Le ballast ne sera utilisé que pour compenser l'assiette due à l'embarquement de la grue.**
 - **La quantité de ballast ne variera pas pendant le transport ou les travaux de manutention.**

- **La charge en pontée devra respecter les conditions suivantes :**
 - **la charge en pontée devra être répartie sur le ponton afin d'être considérée comme centrée longitudinalement et transversalement.**
 - **la charge en pontée est strictement limitée à une masse de 650 tonnes.**

Dans le cas où les conditions d'exploitation ne sont pas incluses dans celles définies par le présent document, ou si le ponton est exploité dans des conditions pouvant être plus défavorables, il est de la responsabilité de l'armateur ou de l'exploitant de s'assurer que les critères de stabilité à l'état intact et les préconisations du constructeur de la grue sont respectés et de mettre éventuellement en œuvre des moyens supplémentaires pour améliorer la stabilité du bâtiment.

En foi de quoi il a été dressé le présent rapport, pour servir et valoir ce que de droit.

Fait à Port-de-Bouc, le 10 juin 2013

Hubert REYMOND



Titre Cinquième : Sommaire des annexes

Annexe n°1 : Modélisation de la coque sur ModelMaker (Offset)

Annexe n°2 : Formes et dimensions du bateau

Annexe n°3 : Plan de forme

Annexe n°4 : Plan de ballastage

Annexe n°5 : Plan de cloisonnement

Annexe n°6 : Plan des points d'envahissement

Annexes n°7 à 24 : Données hydrostatiques

Annexe n°25 : Éléments pantocarènes

Annexe n°26 : Fiche technique de la grue AMERICAN HOIST 5299A

Annexes n°27 à 29 : Table des capacités

Annexes n°30 à 34 : Cas A - 1 :

Annexe n°30 : Cas A - 1, Illustration du cas de chargement

Annexes n°31 à 33 : Cas A - 1, Caractéristiques de la stabilité

Annexe n°34 : Cas A - 1, Illustration du calcul de l'action du vent et courbe de bras de leviers de redressement

Annexes n°35 à 39 : Cas A - 2 :

Annexe n°35 : Cas A - 2, Illustration du cas de chargement

Annexes n°36 à 38 : Cas A - 2, Caractéristiques de la stabilité

Annexe n°39 : Cas A - 2, Illustration du calcul de l'action du vent et courbe de bras de leviers de redressement

Annexes n°40 à 44 : Cas A - 3 :

Annexe n°40: Cas A - 3, Illustration du cas de chargement

Annexes n°41 à 43 : Cas A - 3, Caractéristiques de la stabilité

Annexe n°44 : Cas A - 3, Illustration du calcul de l'action du vent et courbe de bras de leviers de redressement

Annexes n°45 à 49: Cas B - 1) a :

Annexe n°45: Cas B - 1) a, Illustration du cas de chargement

Annexes n°46 à 48 : Cas B - 1) a, Caractéristiques de la stabilité

Annexe n°49 : Cas B - 1) a, Illustration du calcul de l'action du vent et courbe de bras de leviers de redressement

Annexes n°50 à 54 : Cas B - 1) b :

Annexe n°50: Cas B - 1) b, Illustration du cas de chargement

Annexes n°51 à 53 : Cas B - 1) b, Caractéristiques de la stabilité

Annexe n°54 : Cas B - 1) b, Illustration du calcul de l'action du vent et courbe de bras de leviers de redressement

Annexes n°55 à 59 : Cas B - 1) c :

Annexe n°55 : Cas B - 1) c, Illustration du cas de chargement

Annexes n°56 à 58 : Cas B - 1) c, Caractéristiques de la stabilité

Annexe n°59 : Cas B - 1) c, Illustration du calcul de l'action du vent et courbe de bras de leviers de redressement

Annexes n°60 à 64 : Cas B - 2) a :

Annexe n°60 : Cas B - 2) a, Illustration du cas de chargement

Annexes n°61 à 63 : Cas B - 2) a, Caractéristiques de la stabilité

Annexe n°64 : Cas B - 2) a, Illustration du calcul de l'action du vent et courbe de bras de leviers de redressement

Annexes n°65 à 69 : Cas B - 2) b :

Annexe n°65 : Cas B - 2) b, Illustration du cas de chargement

Annexes n°66 à 68 : Cas B - 2) b, Caractéristiques de la stabilité

Annexe n°69 : Cas B - 2) b, Illustration du calcul de l'action du vent et courbe de bras de leviers de redressement

Annexes n°70 à 74 : Cas B - 2) c :

Annexe n°70 : Cas B - 2) c, Illustration du cas de chargement

Annexes n°71 à 73 : Cas B - 2) c, Caractéristiques de la stabilité

Annexe n°74 : Cas B - 2) c, Illustration du calcul de l'action du vent et courbe de bras de leviers de redressement

Annexe n°75: Lexique

Offset

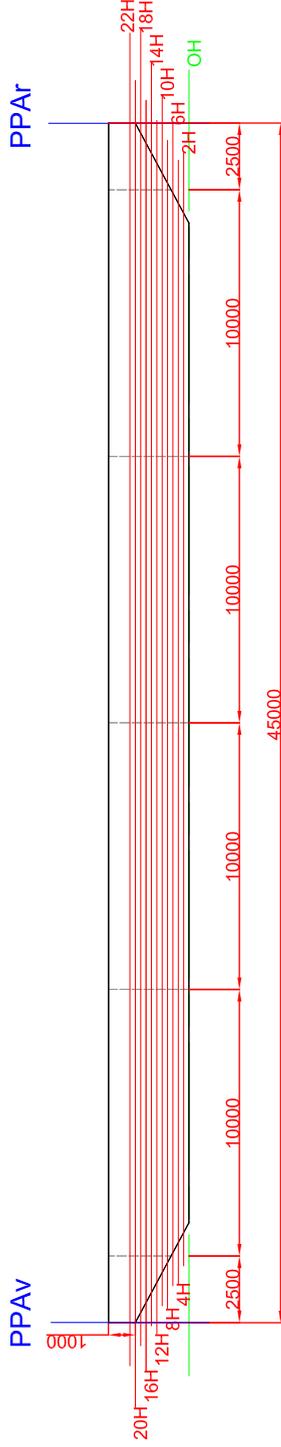
Part Name: HULL
Component Name: C1

Part Desc:

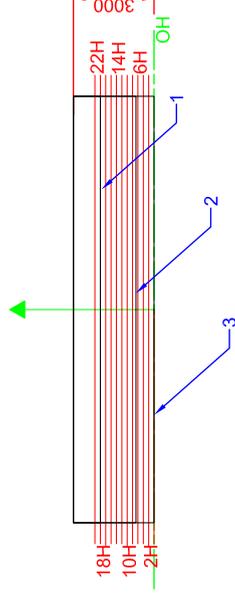
<u>Long : 0.000</u>	0.000, 2.000	8.000S, 2.000	8.000S, 3.000	0.000, 3.000
<u>Long : 2.500A</u>	0.000, 0.667	8.000S, 0.667	8.000S, 3.000	0.000, 3.000
<u>Long : 3.750A</u>	0.000, 0.000	8.000S, 0.000	8.000S, 3.000	0.000, 3.000
<u>Long : 5.000A</u>	0.000, 0.000	8.000S, 0.000	8.000S, 3.000	0.000, 3.000
<u>Long : 7.500A</u>	0.000, 0.000	8.000S, 0.000	8.000S, 3.000	0.000, 3.000
<u>Long : 10.000A</u>	0.000, 0.000	8.000S, 0.000	8.000S, 3.000	0.000, 3.000
<u>Long : 12.500A</u>	0.000, 0.000	8.000S, 0.000	8.000S, 3.000	0.000, 3.000
<u>Long : 15.000A</u>	0.000, 0.000	8.000S, 0.000	8.000S, 3.000	0.000, 3.000
<u>Long : 17.500A</u>	0.000, 0.000	8.000S, 0.000	8.000S, 3.000	0.000, 3.000
<u>Long : 20.000A</u>	0.000, 0.000	8.000S, 0.000	8.000S, 3.000	0.000, 3.000
<u>Long : 22.500A</u>	0.000, 0.000	8.000S, 0.000	8.000S, 3.000	0.000, 3.000
<u>Long : 25.000A</u>	0.000, 0.000	8.000S, 0.000	8.000S, 3.000	0.000, 3.000
<u>Long : 27.500A</u>	0.000, 0.000	8.000S, 0.000	8.000S, 3.000	0.000, 3.000
<u>Long : 30.000A</u>	0.000, 0.000	8.000S, 0.000	8.000S, 3.000	0.000, 3.000
<u>Long : 32.500A</u>	0.000, 0.000	8.000S, 0.000	8.000S, 3.000	0.000, 3.000
<u>Long : 35.000A</u>	0.000, 0.000	8.000S, 0.000	8.000S, 3.000	0.000, 3.000
<u>Long : 37.500A</u>	0.000, 0.000	8.000S, 0.000	8.000S, 3.000	0.000, 3.000
<u>Long : 40.000A</u>	0.000, 0.000	8.000S, 0.000	8.000S, 3.000	0.000, 3.000
<u>Long : 41.250A</u>	0.000, 0.000	8.000S, 0.000	8.000S, 3.000	0.000, 3.000
<u>Long : 42.500A</u>	0.000, 0.667	8.000S, 0.667	8.000S, 3.000	0.000, 3.000
<u>Long : 45.000A</u>	0.000, 2.000	8.000S, 2.000	8.000S, 3.000	0.000, 3.000

PLAN DE FORMES

VUE DE CÔTE

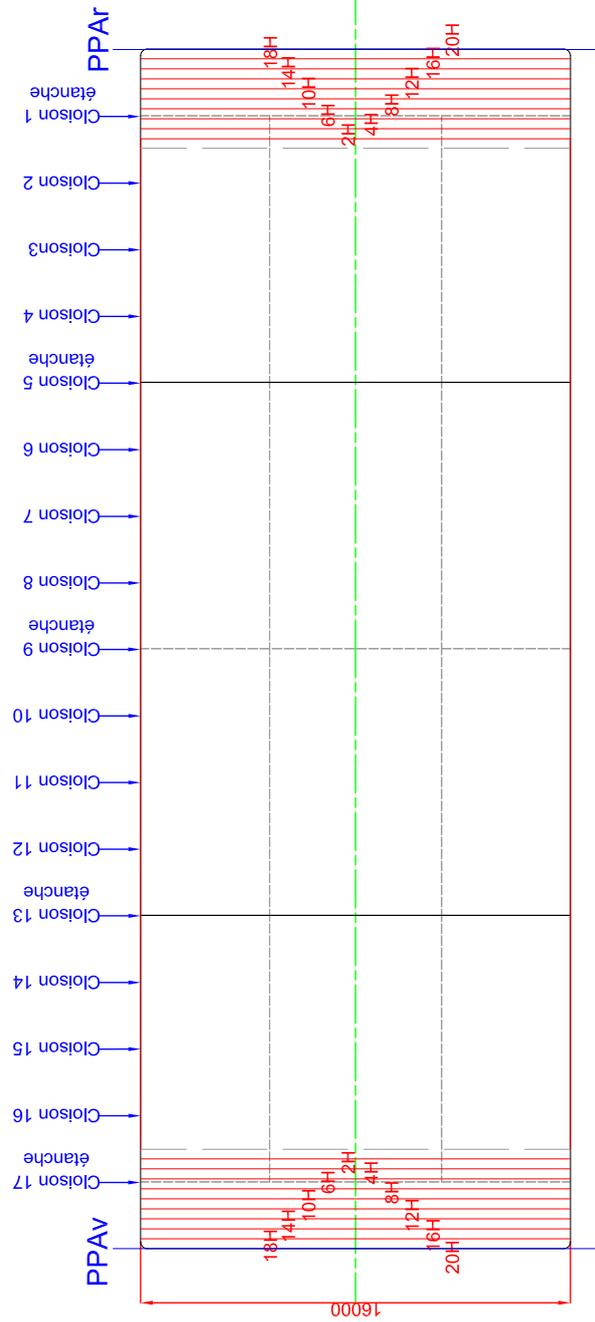


COUPLES



- 1 - C0 & C18 (étrave et couple arrière)
- 2 - C1 & C17
- 3 - C2 à C16

VUE DE DESSUS



Note : Les lignes d'eau sont espacées de 200 mm.



A.N.I.E.R. 2R Résilience Vulnérabilité - Port Renaissance - 11100 PORT DE BOUT

Echelle : 1/200

Date : 10/06/2013

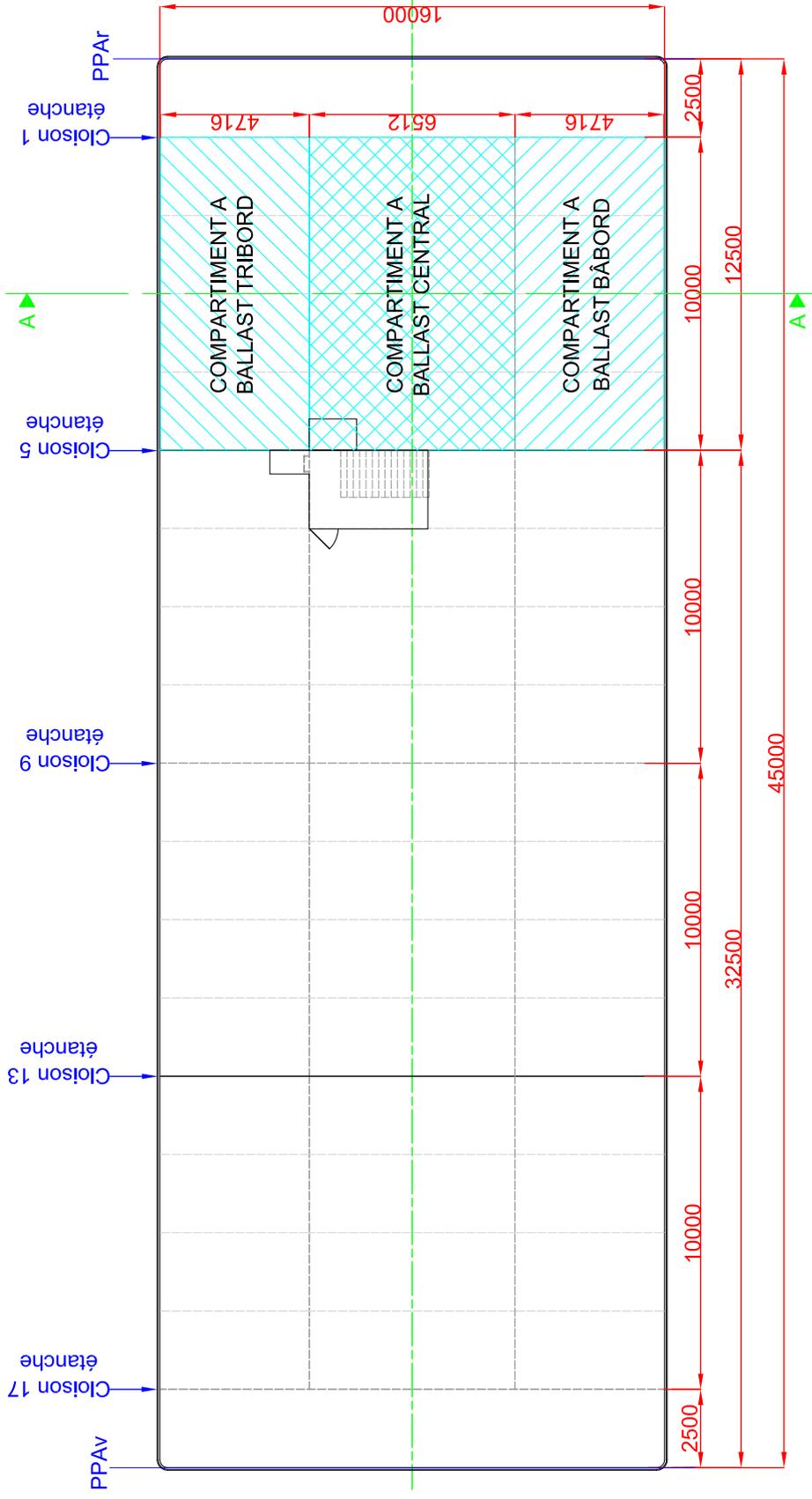
PONTON MEDCO
Dossier de stabilité

Plan de formes

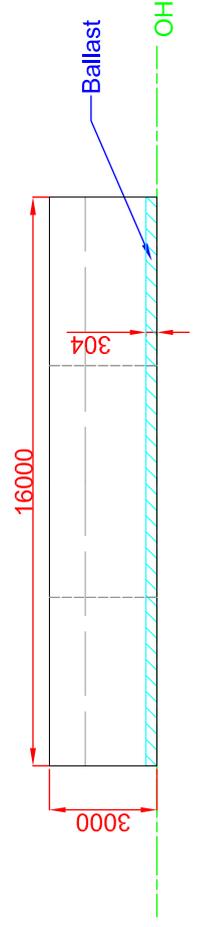
A 3

N° 12116 - 01

PLAN DE BALLASTAGE



Coupe A - A



ANIE 2R Résistance Vitesse - Port Remorqueur - 13100 PONT DE BOUCC

Echelle : 1/150

Date : 10/06/2013

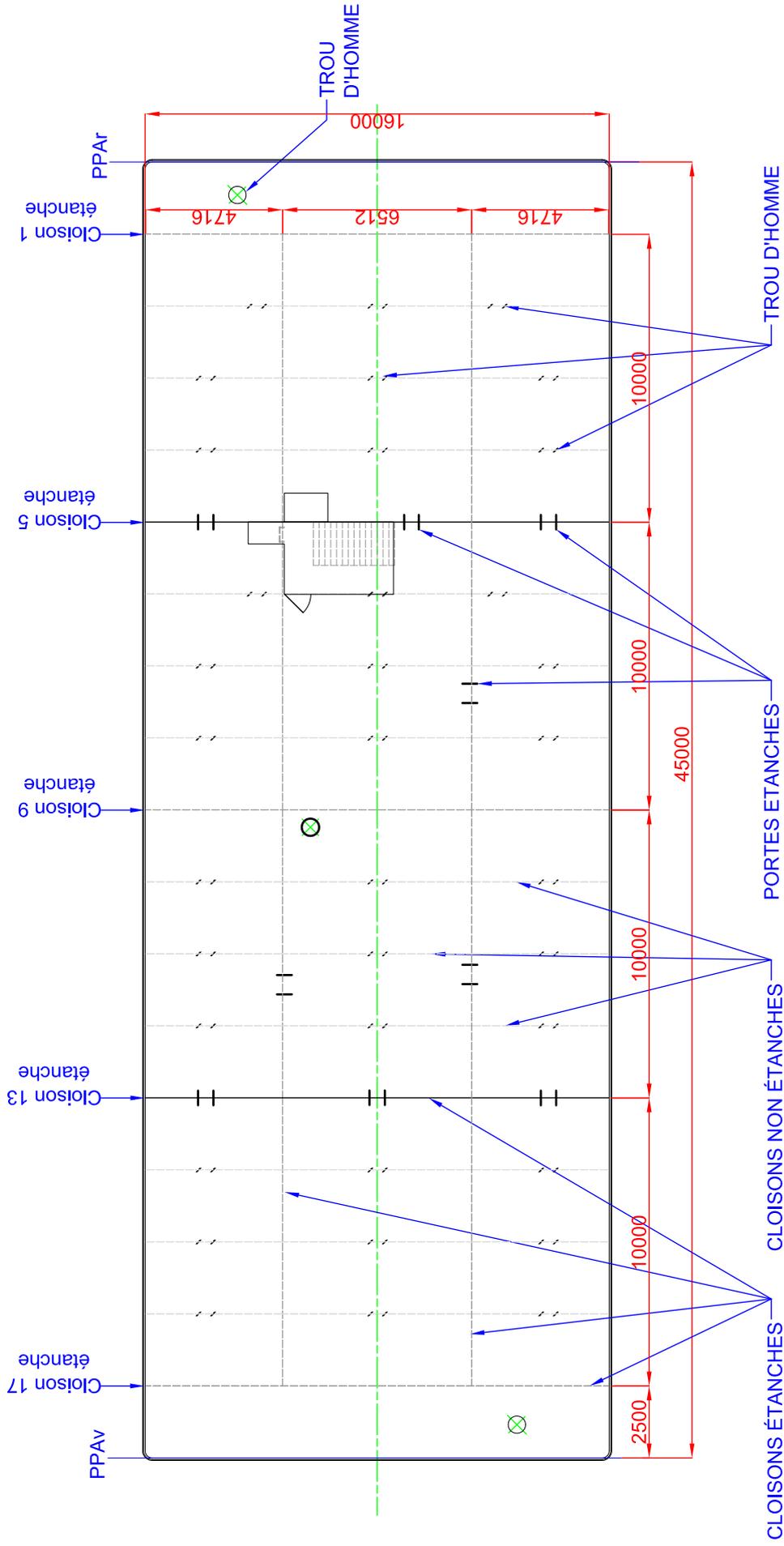
PONTON MEDCO
Dossier de stabilité

Plan de ballastage

A 3

N° 12116 - 02

PLAN DE CLOISONNEMENT



PONTON MEDCO
Dossier de stabilité

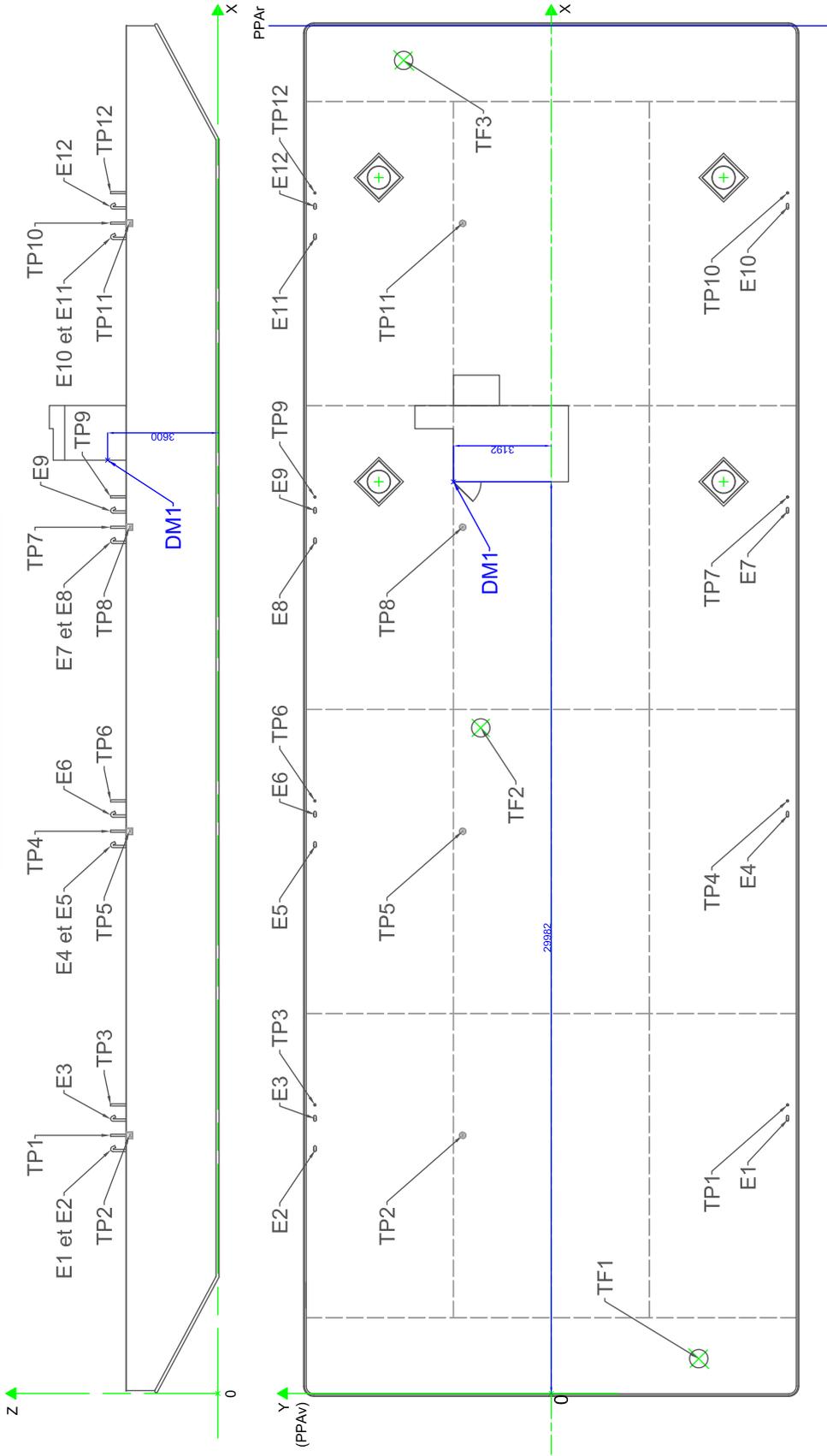
Plan de cloisonnement

Echelle : 1/150
Date : 10/06/2013

A 3

N° 12116 - 03

PLAN DES POINTS D'ENVAHISSEMENT



POINT D'ENVAHISSEMENT DM1 :
 Descente magasin avec surbau de 600mm.
 Coordonnées :
 x=2,992m depuis la PPAV
 y=3,192m depuis l'axe central,
 z=3,600m depuis OH.

POINTS TP n°1 à 12 :
 Tuyaux plongeurs munis de bouchon étanches.

POINTS E n°1 à 12 :
 Événements des compartiments munis de clapets anti-retour.

POINTS TF n°1 à 3 :
 Trappes Freeman ou équivalents (certificat d'approbation B. V. à communiquer)

Conformément à la réglementation NR467 Part D, chapitre 19, section 2, article 2, point 2.1.3, les événements munis de clapets anti-retour, les tuyaux plongeurs avec bouchons étanches et les trous d'hommes munis de trappes FREEMAN (points E et TP n°1 à 12, TF n°1 à 3) ne sont pas considérés comme des points d'envahissement.



PONTON MEDCO
 Dossier de stabilité

Echelle : 1/150
 Date : 10/06/2013

Plan des points d'envahissement

Hydrostatic Properties

No Trim, No heel

Depth (m)	Displ (kg)	LCB (m)	TCB (m)	VCB (m)	WPA (m2)	LCF (m)	BMI (m)	BMt (m)
0.000	0							
0.001	615	22.500a	0.000	0.000	600.1	22.500a	117 216.700	21 334.370
0.002	1230	22.500a	0.000	0.001	600.1	22.500a	58 622.990	10 667.720
0.003	1845	22.500a	0.000	0.002	600.2	22.500a	39 091.790	7 112.167
0.004	2460	22.500a	0.000	0.002	600.2	22.500a	29 326.170	5 334.392
0.005	3076	22.500a	0.000	0.003	600.3	22.500a	23 466.800	4 267.727
0.006	3691	22.500a	0.000	0.003	600.4	22.500a	19 560.560	3 556.616
0.007	4306	22.500a	0.000	0.004	600.4	22.500a	16 770.370	3 048.680
0.008	4922	22.500a	0.000	0.004	600.5	22.500a	14 677.740	2 667.729
0.009	5537	22.500a	0.000	0.005	600.5	22.500a	13 050.140	2 371.433
0.010	6153	22.500a	0.000	0.005	600.6	22.500a	11 748.060	2 134.396
0.011	6769	22.500a	0.000	0.006	600.7	22.500a	10 682.730	1 940.457
0.012	7384	22.500a	0.000	0.006	600.7	22.500a	9 794.942	1 778.841
0.013	8000	22.500a	0.000	0.007	600.8	22.500a	9 043.737	1 642.089
0.014	8616	22.500a	0.000	0.007	600.8	22.500a	8 399.858	1 524.873
0.015	9232	22.500a	0.000	0.008	600.9	22.500a	7 841.830	1 423.286
0.016	9848	22.500a	0.000	0.008	601.0	22.500a	7 353.548	1 334.397
0.017	10464	22.500a	0.000	0.009	601.0	22.500a	6 922.709	1 255.966
0.018	11080	22.500a	0.000	0.009	601.1	22.500a	6 539.752	1 186.249
0.019	11696	22.500a	0.000	0.010	601.1	22.500a	6 197.092	1 123.871
0.020	12312	22.500a	0.000	0.010	601.2	22.500a	5 888.710	1 067.731
0.021	12929	22.500a	0.000	0.011	601.3	22.500a	5 609.698	1 016.937
0.022	13545	22.500a	0.000	0.011	601.3	22.500a	5 356.042	970.761
0.023	14161	22.500a	0.000	0.012	601.4	22.500a	5 124.449	928.601
0.024	14778	22.500a	0.000	0.012	601.4	22.500a	4 912.157	889.953
0.025	15394	22.500a	0.000	0.013	601.5	22.500a	4 716.847	854.398
0.026	16011	22.500a	0.000	0.013	601.6	22.500a	4 536.560	821.577
0.027	16627	22.500a	0.000	0.014	601.6	22.500a	4 369.628	791.188
0.028	17244	22.500a	0.000	0.014	601.7	22.500a	4 214.620	762.969
0.029	17861	22.500a	0.000	0.015	601.7	22.500a	4 070.303	736.696
0.030	18478	22.500a	0.000	0.015	601.8	22.500a	3 935.609	712.175
0.031	19095	22.500a	0.000	0.016	601.9	22.500a	3 809.600	689.236
0.032	19711	22.500a	0.000	0.016	601.9	22.500a	3 691.469	667.731
0.033	20328	22.500a	0.000	0.017	602.0	22.500a	3 580.499	647.529
0.034	20946	22.500a	0.000	0.017	602.0	22.500a	3 476.057	628.515
0.035	21563	22.500a	0.000	0.018	602.1	22.500a	3 377.583	610.588
0.036	22180	22.500a	0.000	0.018	602.2	22.500a	3 284.579	593.657
0.037	22797	22.500a	0.000	0.019	602.2	22.500a	3 196.600	577.640
0.038	23414	22.500a	0.000	0.019	602.3	22.500a	3 113.254	562.467
0.039	24032	22.500a	0.000	0.020	602.3	22.500a	3 034.184	548.072
0.040	24649	22.500a	0.000	0.020	602.4	22.500a	2 959.066	534.397
0.041	25267	22.500a	0.000	0.021	602.5	22.500a	2 887.613	521.389
0.042	25884	22.500a	0.000	0.021	602.5	22.500a	2 819.560	509.000
0.043	26502	22.500a	0.000	0.022	602.6	22.500a	2 754.675	497.188
0.044	27119	22.500a	0.000	0.022	602.6	22.500a	2 692.737	485.912
0.045	27737	22.500a	0.000	0.023	602.7	22.500a	2 633.553	475.138
0.046	28355	22.500a	0.000	0.023	602.8	22.500a	2 576.945	464.832
0.047	28973	22.500a	0.000	0.024	602.8	22.500a	2 522.744	454.964
0.048	29591	22.500a	0.000	0.024	602.9	22.500a	2 470.800	445.508
0.049	30209	22.500a	0.000	0.025	602.9	22.500a	2 420.979	436.438
0.050	30827	22.500a	0.000	0.025	603.0	22.500a	2 373.149	427.730
0.051	31445	22.500a	0.000	0.026	603.1	22.500a	2 327.196	419.364
0.052	32063	22.500a	0.000	0.026	603.1	22.500a	2 283.010	411.320

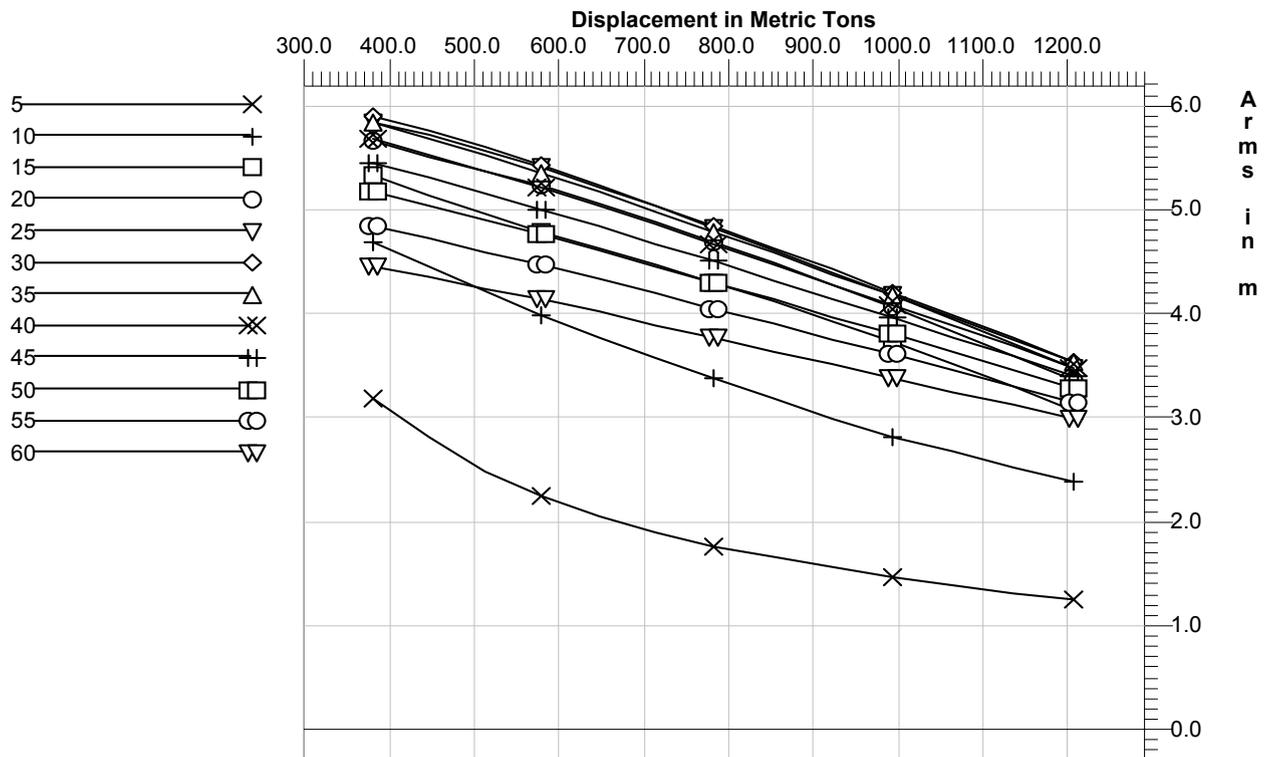
Cross Curves of Stability

Righting Arms(heel) for VCG = 0.00; Trim zero at heel = 0 (RA Trim = 0)

Displ (MT)	5.000s	10.000s	15.000s	20.000s	25.000s	30.000s
380.072	3.202s	4.698s	5.337s	5.670s	5.849s	5.907s
445.570	2.822s	4.457s	5.144s	5.521s	5.728s	5.770s
511.683	2.497s	4.223s	4.964s	5.382s	5.582s	5.611s
578.410	2.248s	3.996s	4.793s	5.239s	5.416s	5.437s
645.753	2.052s	3.781s	4.632s	5.074s	5.234s	5.251s
713.711	1.896s	3.576s	4.477s	4.893s	5.040s	5.057s
782.284	1.770s	3.380s	4.314s	4.700s	4.838s	4.855s
851.472	1.668s	3.190s	4.135s	4.496s	4.627s	4.647s
921.275	1.565s	3.007s	3.943s	4.283s	4.411s	4.434s
991.693	1.473s	2.832s	3.739s	4.063s	4.189s	4.217s
1062.726	1.393s	2.677s	3.527s	3.836s	3.962s	3.995s
1134.373	1.322s	2.535s	3.306s	3.604s	3.730s	3.770s
1206.636	1.259s	2.390s	3.077s	3.367s	3.495s	3.542s
Displ (MT)	35.000s	40.000s	45.000s	50.000s	55.000s	60.000s
380.072	5.841s	5.687s	5.463s	5.180s	4.848s	4.472s
445.570	5.697s	5.543s	5.325s	5.052s	4.731s	4.368s
511.683	5.536s	5.386s	5.175s	4.913s	4.606s	4.258s
578.410	5.363s	5.219s	5.018s	4.768s	4.475s	4.143s
645.753	5.180s	5.044s	4.854s	4.617s	4.339s	4.024s
713.711	4.991s	4.863s	4.685s	4.462s	4.200s	3.902s
782.284	4.795s	4.678s	4.512s	4.304s	4.058s	3.778s
851.472	4.595s	4.488s	4.335s	4.142s	3.913s	3.651s
921.275	4.390s	4.294s	4.155s	3.978s	3.766s	3.523s
991.693	4.182s	4.098s	3.973s	3.811s	3.617s	3.392s
1062.726	3.970s	3.898s	3.787s	3.642s	3.466s	3.260s
1134.373	3.755s	3.695s	3.600s	3.471s	3.313s	3.126s
1206.636	3.536s	3.490s	3.409s	3.298s	3.158s	2.991s

Water Specific Gravity = 1.025.

Cross Curves



GRUE SUR CHENILLE

AMERICAN HOIST 5299 A

Spécifications

Capacité Nominale	:50.000 KG
Charge Maximale	:55.000 KG à 3.7m
Longueur de la flèche :	
Longueur basique de la flèche	:12.19m
Longueur Max de la flèche	:30.48m
Composition de la flèche	
- une partie intérieure	:6.096m
- une partie extérieure	:6.096m
- 3 parties centrales	:6.096m chacune
Performance:	
Vitesse de déplacement	:1.6 Km/h
Rotation à Friction	:3.5 RPM
Rotation Hydrostatique	:0 TO 3.5 RPM
Moteur diesel	:General Motors 6 cylindres en ligne

Resistance du sol KGF/CM2

Grue avec flèche de 12.19 m et chenille 91.44 cm : 0.52

Poids en KG

Grue 5299 A avec Flèche de 12.19m	:47.265
Contre poids	:15.649
Flèche extérieure	:1098
Flèche intérieure	:826
Cadre extérieur avec chenille 91.44 cm (2)	:9508
Essieu chenille (2)	:2177
Extension essieu et tube d'arbre de transmission	:680.5
Moufle de 50 T	:545

TABLEAUX DE CHARGE DE LA GRUE EN KGS AVEC LA FLECHE PRINCIPALE ZONE DE TRAVAIL 360°

Portée en mètres	Flèche 12.19 m	Flèche 18.29 m	Flèche 24.38 m	Flèche 30.48 m
3.7	55.000			
4.0	50.000			
4.5	40.750			
5.0	34.300	40.600		
5.5	29.550	33.950		
6.0	25.900	29.150	29.000	
7.0	20.650	25.500	25.350	
8.0	17.050	20.300	20.200	20.000
9.0	14.450	16.800	16.650	16.400
10.0	12.850	14.300	14.150	13.850
11.0	10.850	10.700	10.540	10.360
12.0	9.130	10.000	9.800	9.500
14.0		8.980	8.810	8.630
16.0		7.000	6.780	6.300
18.0		6.200	6.050	5.950
20.0			5.400	5.150
22.0			4.600	4.400
24.0			4.000	3.800
26.0				3.300
				2.900

Montage - Levage - Manutention

Adresse : Immeuble Sâadi Tour EF - 4ème étage El Menzah IV - 1082 Tunis

Tél.: 71 705 454 - Fax : 71 704 975

Compartiment ballast	Volume disponible (m3)	remplissage 75%				
		Vol (m3)	Xcg (m)	Zcg (m)	I4	Zcg corrigé (m)
Bâbord	140.272	105.204	37.400	1.148	90.940	2.012
Centre	187.343	140.507			216.646	2.690
Tribord	140.272	105.204			90.940	2.012
Total	467.888	350.916	Zcg CORRIGÉ			2.28

Compartiment ballast	Volume disponible (m3)	remplissage 80%				
		Vol (m3)	Xcg (m)	Zcg (m)	I4	Zcg corrigé (m)
Bâbord	140.272	112.218	37.406	1.221	90.940	2.031
Centre	187.343	149.874			216.646	2.667
Tribord	140.272	112.218			90.940	2.031
Total	467.888	374.310	Zcg CORRIGÉ			2.29

Compartiment ballast	Volume disponible (m3)	remplissage 85%				
		Vol (m3)	Xcg (m)	Zcg (m)	I4	Zcg corrigé (m)
Bâbord	140.272	119.232	37.410	1.295	90.940	2.058
Centre	187.343	159.242			216.646	2.655
Tribord	140.272	119.232			90.940	2.058
Total	467.888	397.705	Zcg CORRIGÉ			2.30

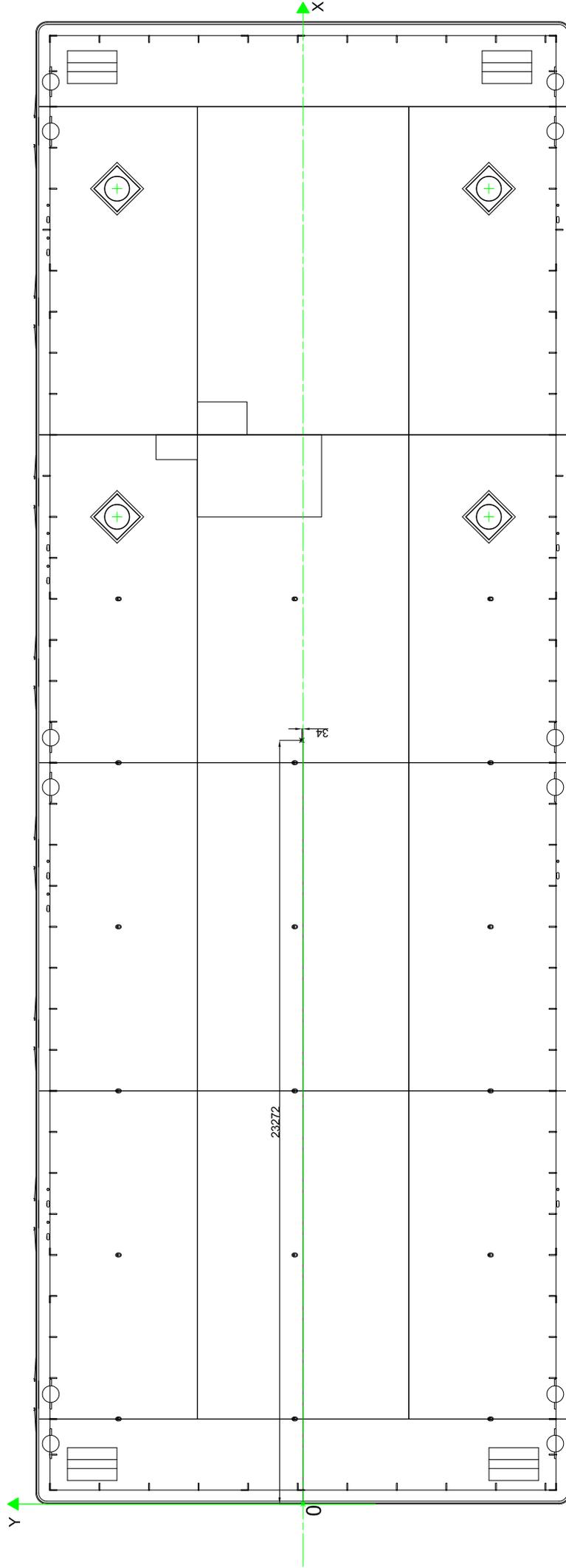
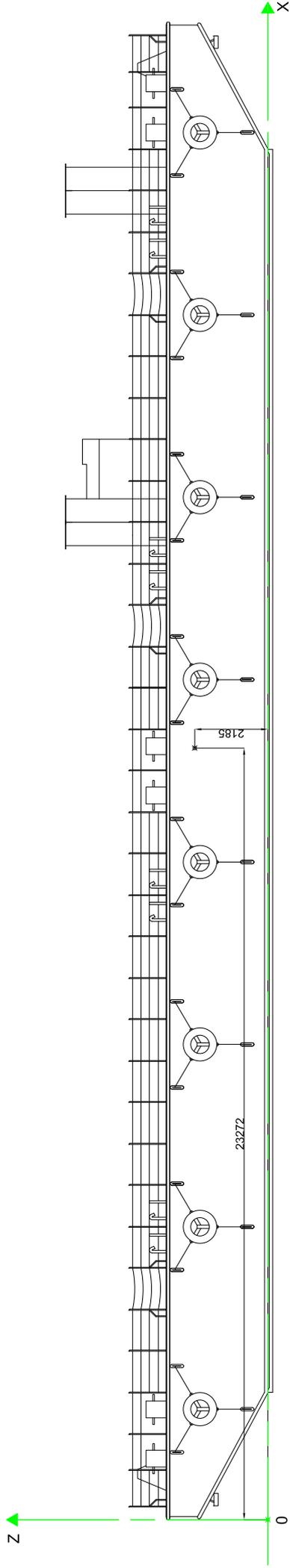
Compartiment ballast	Volume disponible (m3)	remplissage 90%				
		Vol (m3)	Xcg (m)	Zcg (m)	I4	Zcg corrigé (m)
Bâbord	140.272	126.245	37.415	1.368	90.940	2.088
Centre	187.343	168.609			216.646	2.653
Tribord	140.272	126.245			90.940	2.088
Total	467.888	421.099	Zcg CORRIGÉ			2.31

Compartiment ballast	Volume disponible (m3)	remplissage 95%				
		Vol (m3)	Xcg (m)	Zcg (m)	I4	Zcg corrigé (m)
Bâbord	140.272	133.259	37.418	1.442	90.940	2.124
Centre	187.343	177.976			216.646	2.659
Tribord	140.272	133.259			90.940	2.124
Total	467.888	444.493	Zcg CORRIGÉ			2.34

Compartiment ballast	Volume disponible (m3)	remplissage 100%		
		Vol (m3)	Xcg (m)	Zcg (m)
Bâbord	140.272	140.272	37.422	1.517
Centre	187.343	187.343		
Tribord	140.272	140.272		
Total	467.888	467.888		

Compartiment ballast	Volume disponible (m3)	Pourcentage	remplissage 45 tonnes (étude de stabilité)			
			Vol (m3)	Zcg (m)	I4	Zcg corrigé (m)
Bâbord	140.293	0.940	13.164	0.203	84.824	6.647
Centre	187.370	0.940	17.581		202.075	11.697
Tribord	140.293	0.940	13.164		84.824	6.647
Total	467.956	0.940	43.908	Zcg CORRIGÉ		8.8

CAS A . 1 : Ponton léger



Ponton : X = 23,272 m; Y = 0,034 m; Z = 2,185 m

Floating Status

Draft FP	0.542 m	Heel	zero	GM(Solid)	33.117 m
Draft MS	0.621 m	Equil	Yes	F/S Corr.	0.000 m
Draft AP	0.701 m	Wind	Off	GM(Fluid)	33.117 m
Trim	aft 0.20 deg.	Wave	No	KMt	35.306 m
LCG	23.270a m	VCG	2.190 m	TPcm	6.46
Displacement	394 101.90 kg	WaterSpgr	1.025		

Fixed Weight Status

Item	Weight (kg)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)
LIGHT SHIP	394 101.87	23.270a	0.030s	2.190u
Total Weight:	394 101.87	23.270a	0.030s	2.190u

Critical points

Name	L,T,V (m)	Height (m)
(1) ETRAVE	0.000, 0.000, 3.000	2.459
(2) AVANT	0.000, 8.000s, 3.000	2.458
(3) MILIEU	22.500a, 8.000s, 3.000	2.378
(4) ARRIERE	45.000a, 8.000s, 3.000	2.298
(5) POUPE	45.000a, 0.000, 3.000	2.299

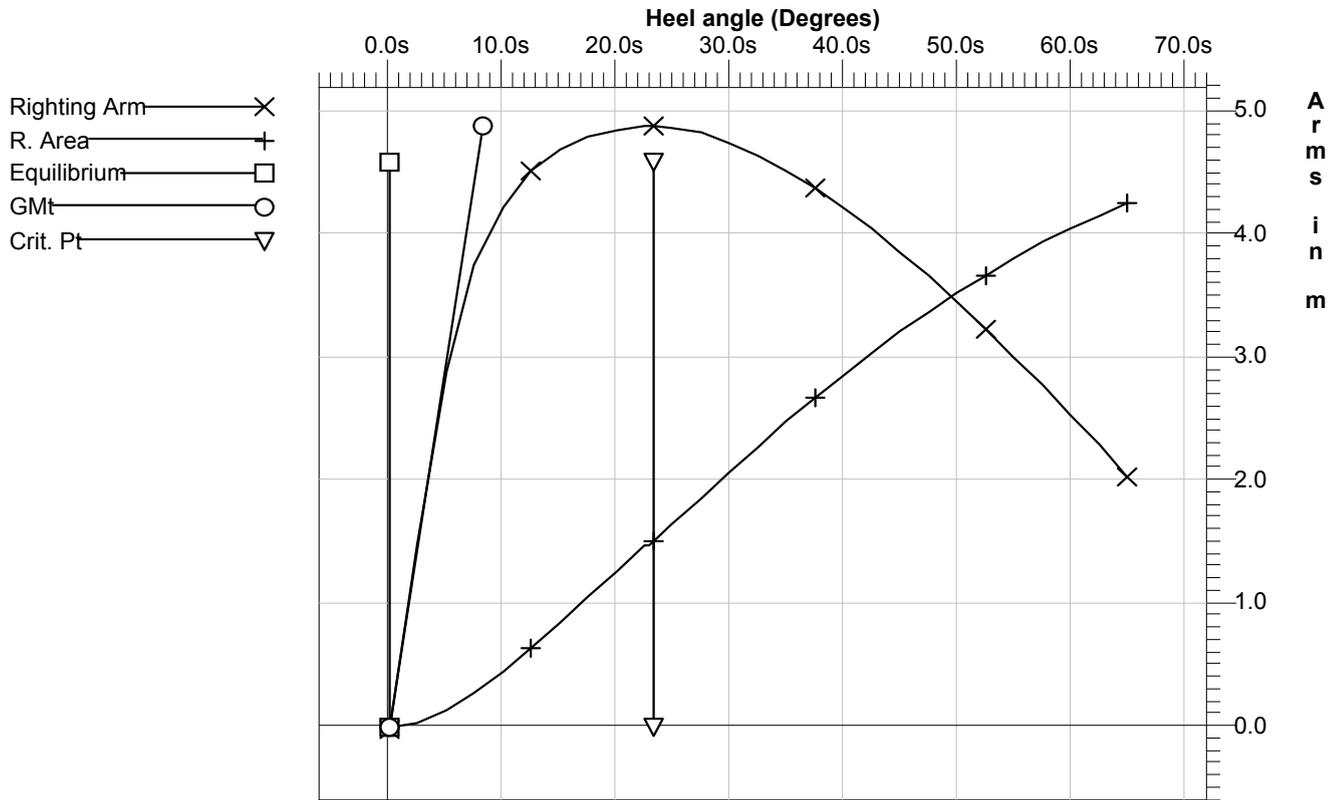
Unprotected Flood Point

Name	L,T,V (m)	Height (m)
(1) PORTE MAGASIN	30.000a, 3.192s, 3.600	2.952

Righting Arms vs. Heel - "PONTON LEGE"

Heel Angle (deg)	Trim Angle (deg)	Origin Depth (m)	Righting Arm (m)	Area (m-Rad)	Critical Pt Height (m)	Flood Pt Height (m)	Notes
0.00	0.20a	0.542	-0.030	0.000	2.299 (4)	2.952 (1)	
0.00s	0.20a	0.541	-0.030	0.000	2.299 (4)	2.952 (1)	Equil
2.50s	0.21a	0.536	1.479	0.032	1.951 (4)	2.814 (1)	
5.00s	0.21a	0.522	2.891	0.127	1.605 (4)	2.676 (1)	
7.50s	0.24a	0.441	3.751	0.274	1.298 (4)	2.584 (1)	
10.00s	0.27a	0.314	4.232	0.449	1.041 (4)	2.536 (1)	
12.50s	0.30a	0.153	4.520	0.640	0.807 (4)	2.512 (1)	
15.00s	0.33a	-0.026	4.696	0.841	0.595 (4)	2.505 (1)	
17.50s	0.35a	-0.219	4.801	1.049	0.402 (4)	2.511 (1)	
20.00s	0.36a	-0.424	4.858	1.260	0.222 (4)	2.525 (1)	
22.50s	0.37a	-0.585	4.878	1.472	0.053 (4)	2.547 (1)	
22.92s	0.38a	-0.677	4.878	1.472	0.026 (4)	2.551 (1)	MaxRa
23.33s	0.38a	-0.713	4.878	1.507	0.000 (4)	2.555 (1)	CrtPt
25.00s	0.39a	-0.864	4.868	1.649	-0.106 (4)	2.573 (1)	
27.50s	0.42a	-1.098	4.827	1.861	-0.264 (4)	2.598 (1)	
30.00s	0.46a	-1.336	4.753	2.070	-0.425 (4)	2.618 (1)	
32.50s	0.49a	-1.571	4.651	2.275	-0.585 (4)	2.634 (1)	
35.00s	0.53a	-1.803	4.526	2.475	-0.744 (4)	2.644 (1)	
37.50s	0.57a	-2.033	4.382	2.670	-0.901 (4)	2.649 (1)	
40.00s	0.60a	-2.258	4.221	2.857	-1.058 (4)	2.650 (1)	
42.50s	0.64a	-2.479	4.047	3.038	-1.212 (4)	2.645 (1)	
45.00s	0.67a	-2.696	3.859	3.210	-1.364 (4)	2.635 (1)	
47.50s	0.70a	-2.908	3.661	3.374	-1.514 (4)	2.620 (1)	
50.00s	0.73a	-3.114	3.452	3.529	-1.661 (4)	2.600 (1)	
52.50s	0.76a	-3.315	3.234	3.675	-1.805 (4)	2.574 (1)	
55.00s	0.79a	-3.509	3.008	3.812	-1.945 (4)	2.544 (1)	
57.50s	0.82a	-3.697	2.775	3.938	-2.082 (4)	2.510 (1)	
60.00s	0.85a	-3.878	2.535	4.054	-2.215 (4)	2.470 (1)	
62.50s	0.87a	-4.051	2.288	4.159	-2.344 (4)	2.426 (1)	
65.00s	0.89a	-4.216	2.037	4.253	-2.468 (4)	2.377 (1)	

Righting Arms vs. Heel - "PONTON LEGE"

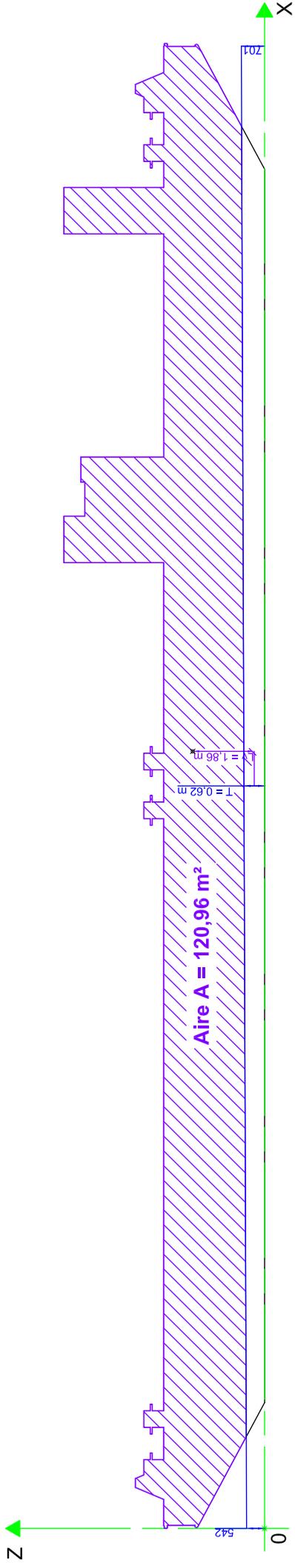


"PONTON LEGE"

Limit	Min/Max	Actual	Margin	Pass
(1) Absolute Angle at MaxRA	/	22.92	/	/
(2) Righting Arm at 30.00 deg	/	4.753	/	/
(3) GM at Equilibrium	/	<large>	/	/
(4) Area from 0.00 deg to MaxRA	>0.0800 m-R	1.472	1.392	Yes
(5) Absolute Angle at RAZero	>20 deg	<large>	<large>	Yes

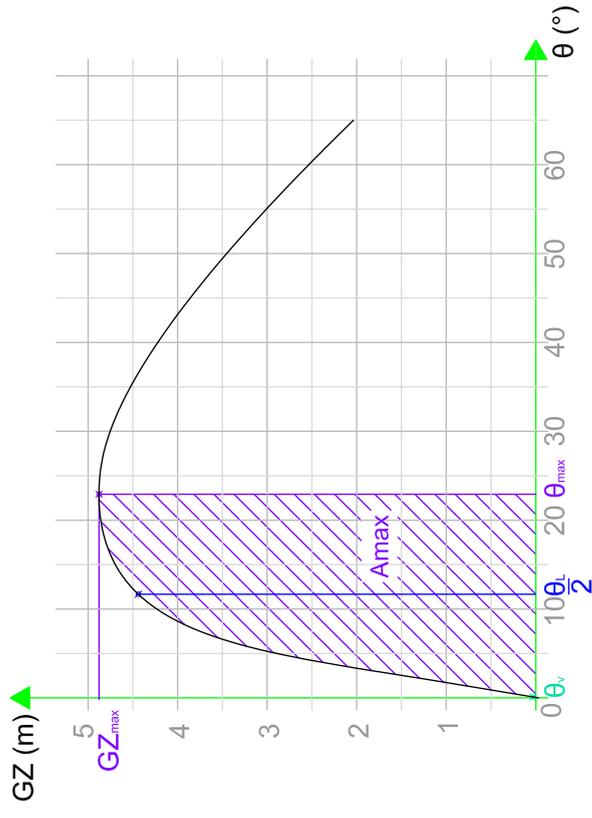
CAS A . 1 : Ponton lège

Calcul du moment inclinant dû au vent

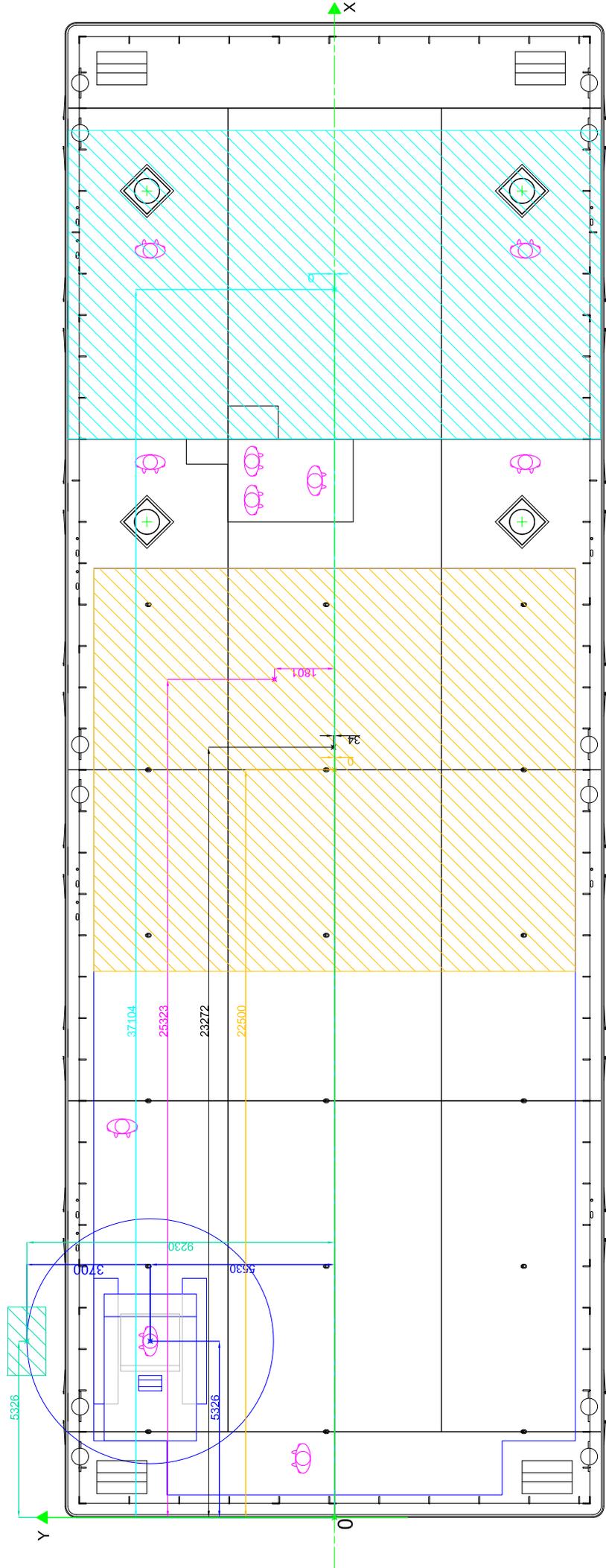
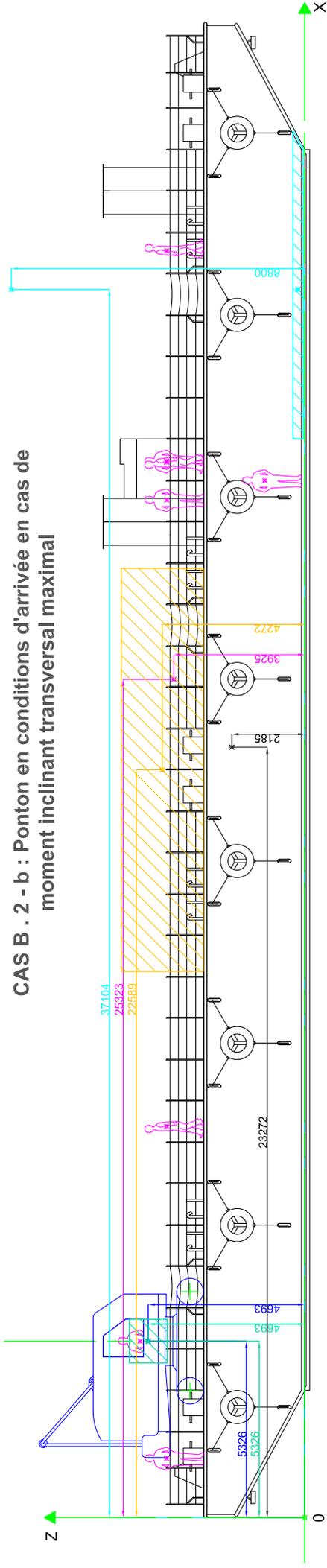


Courbe des bras de levier de redressement

Stabilité à l'état intact



CAS B . 2 - b : Ponton en conditions d'arrivée en cas de moment inclinant transversal maximal



— Ponton : X = 23,272 m; Y = 0,034 m; Z = 2,185 m
 — Grue : X = 5,326 m; Y = 5,530 m; Z = 4,693 m
 Charge : X = 5,326 m; Y = 9,230 m; Z = 4,693 m

 Ballast : X = 37,104 m; Y = 0,000 m; Z = 8,800 m
 Équipage : X = 25,323 m; Y = 1,801 m; Z = 3,925 m
 Charge en pontée : X = 22,500 m; Y = 0,000 m; Z = 4,272 m

Floating Status

Draft FP	1.935 m	Heel	stbd 3.24 deg.	GM(Solid)	9.818 m
Draft MS	1.767 m	Equil	Yes	F/S Corr.	0.000 m
Draft AP	1.598 m	Wind	Off	GM(Fluid)	9.818 m
Trim	fwd 0.43 deg.	Wave	No	KMt	13.592 m
LCG	21.835a m	VCG	3.790 m	TPcm	7.08
Displacement	1 192 117.00 kg	WaterSpgr	1.025		

Fixed Weight Status

Item	Weight (kg)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)
LIGHT SHIP	394 101.87	23.270a	0.030s	2.190u
BALLAST	45 000.01	37.104a	0.000	8.800u
CHARGE EN PONTEE	649 999.96	22.500a	0.000	4.272u
CHARGE GRUE	55 000.00	5.330a	9.230s	4.690u
EQUIPAGE	750.00	25.320a	1.800s	3.930u
GRUE	47 265.01	5.330a	5.530s	4.690u
Total Weight:	1 192 116.86	21.835a	0.656s	3.790u

Critical points

Name	L,T,V (m)	Height (m)
(1) ETRAVE	0.000, 0.000, 3.000	1.064
(2) AVANT	0.000, 8.000s, 3.000	0.611
(3) MILIEU	22.500a, 8.000s, 3.000	0.779
(4) ARRIERE	45.000a, 8.000s, 3.000	0.947
(5) POUPE	45.000a, 0.000, 3.000	1.399

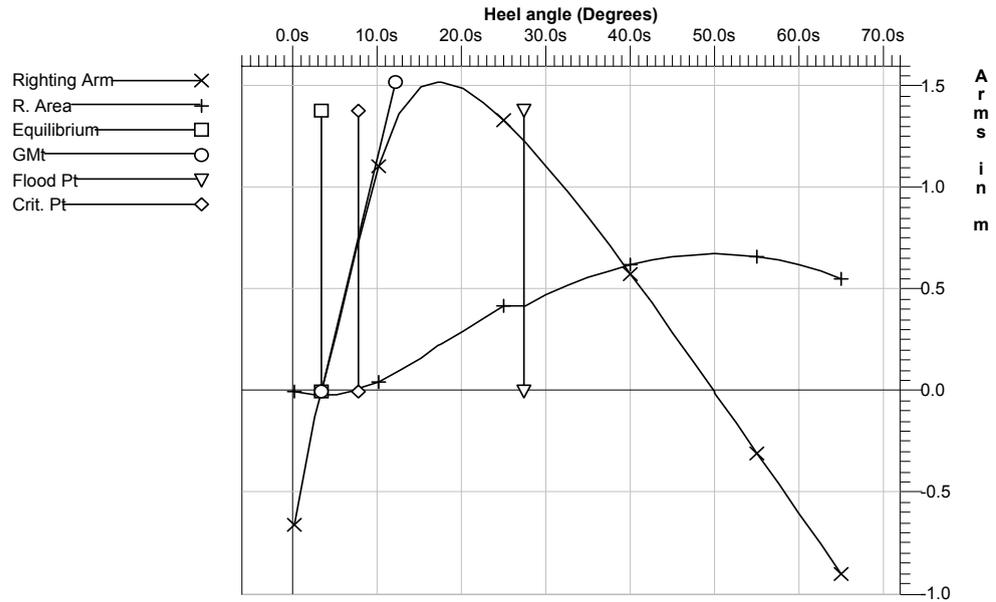
Unprotected Flood Point

Name	L,T,V (m)	Height (m)
(1) PORTE MAGASIN	30.000a, 3.192s, 3.600	1.706

Righting Arms vs. Heel - "STABILITE EN CONDITIONS D'ARRIVEE POUR MOMENT MAXIMAL TRANSVERSAL"

Heel Angle (deg)	Trim Angle (deg)	Origin Depth (m)	Righting Arm (m)	Area (m-Rad)	Critical Pt Height (m)	Flood Pt Height (m)	Notes
0.00	0.40f	1.935	-0.656	0.000	1.065 (1)	1.873 (1)	
2.50s	0.43f	1.934	-0.123	-0.017	0.714 (2)	1.746 (1)	
3.24s	0.43f	1.932	0.000	-0.017	0.611 (2)	1.706 (1)	
3.25s	0.43f	1.932	0.002	-0.017	0.609 (2)	1.705 (1)	Equil
5.00s	0.42f	1.922	0.286	-0.012	0.369 (2)	1.606 (1)	
7.50s	0.41f	1.907	0.708	0.009	0.023 (2)	1.462 (1)	
7.67s	0.41f	1.906	0.736	0.011	0.000 (2)	1.453 (1)	CrtPt
10.00s	0.45f	1.911	1.105	0.049	-0.345 (2)	1.317 (1)	
12.50s	0.52f	1.955	1.368	0.103	-0.758 (2)	1.142 (1)	
15.00s	0.62f	2.025	1.495	0.165	-1.198 (2)	0.952 (1)	
17.15s	0.72f	2.086	1.521	0.222	-1.579 (2)	0.787 (1)	MaxRa
17.50s	0.73f	2.095	1.520	0.231	-1.640 (2)	0.761 (1)	
20.00s	0.84f	2.163	1.488	0.297	-2.079 (2)	0.568 (1)	
22.50s	0.95f	2.226	1.421	0.361	-2.516 (2)	0.374 (1)	
25.00s	1.06f	2.287	1.331	0.421	-2.949 (2)	0.180 (1)	
27.32s	1.16f	2.340	1.234	0.421	-3.346 (2)	0.000 (1)	FldPt
27.50s	1.17f	2.344	1.226	0.425	-3.377 (2)	-0.014 (1)	
30.00s	1.28f	2.398	1.110	0.476	-3.799 (2)	-0.208 (1)	
32.50s	1.39f	2.447	0.985	0.522	-4.215 (2)	-0.401 (1)	
35.00s	1.49f	2.493	0.854	0.562	-4.624 (2)	-0.593 (1)	
37.50s	1.60f	2.535	0.718	0.596	-5.024 (2)	-0.784 (1)	
40.00s	1.71f	2.572	0.579	0.624	-5.415 (2)	-0.973 (1)	
42.50s	1.81f	2.605	0.436	0.647	-5.797 (2)	-1.160 (1)	
45.00s	1.91f	2.634	0.290	0.662	-6.167 (2)	-1.344 (1)	
47.50s	2.01f	2.657	0.143	0.672	-6.526 (2)	-1.526 (1)	
49.92s	2.10f	2.674	0.000	0.675	-6.861 (2)	-1.700 (1)	RaZero
50.00s	2.10f	2.676	-0.005	0.675	-6.873 (2)	-1.705 (1)	
52.50s	2.19f	2.689	-0.154	0.671	-7.206 (2)	-1.881 (1)	
55.00s	2.28f	2.697	-0.303	0.661	-7.526 (2)	-2.053 (1)	
57.50s	2.36f	2.700	-0.453	0.645	-7.830 (2)	-2.222 (1)	
60.00s	2.43f	2.696	-0.602	0.622	-8.120 (2)	-2.386 (1)	
62.50s	2.50f	2.687	-0.750	0.592	-8.393 (2)	-2.546 (1)	
65.00s	2.56f	2.672	-0.897	0.556	-8.649 (2)	-2.702 (1)	

Righting Arms vs. Heel - "STABILITE EN CONDITIONS D'ARRIVEE POUR MOMENT MAXIMAL TRANSVERSAL"

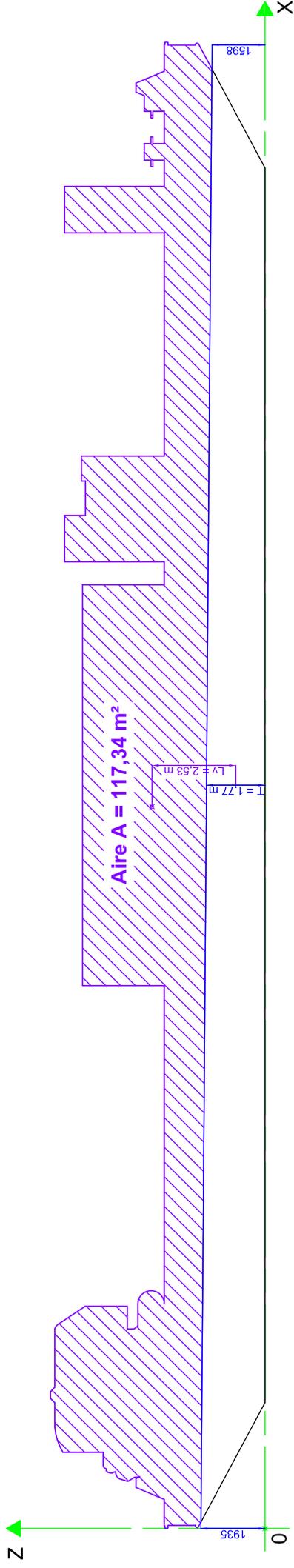


"STABILITE EN CONDITIONS D'ARRIVEE POUR MOMENT MAXIMAL TRANSVERSAL"

Limit	Min/Max	Actual	Margin	Pass
(1) Absolute Angle at MaxRA	/	17.15	/	/
(2) Righting Arm at 30.00 deg	/	1.110	/	/
(3) GM at Equilibrium	/	9.818	/	/
(4) Area from 0.00 deg to MaxRA	>0.0800 m-R	0.222	0.142	Yes
(5) Absolute Angle at Fld	>20 deg	27.32	7.32	Yes

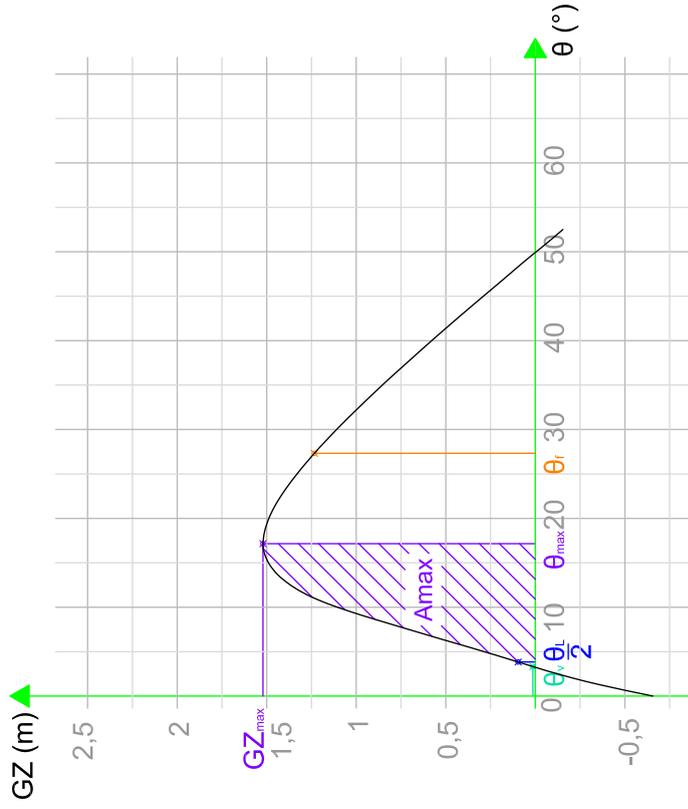
CAS B . 2 - b : Ponton en conditions d'arrivée en cas de moment inclinant transversal maximal

Calcul du moment inclinant dû au vent

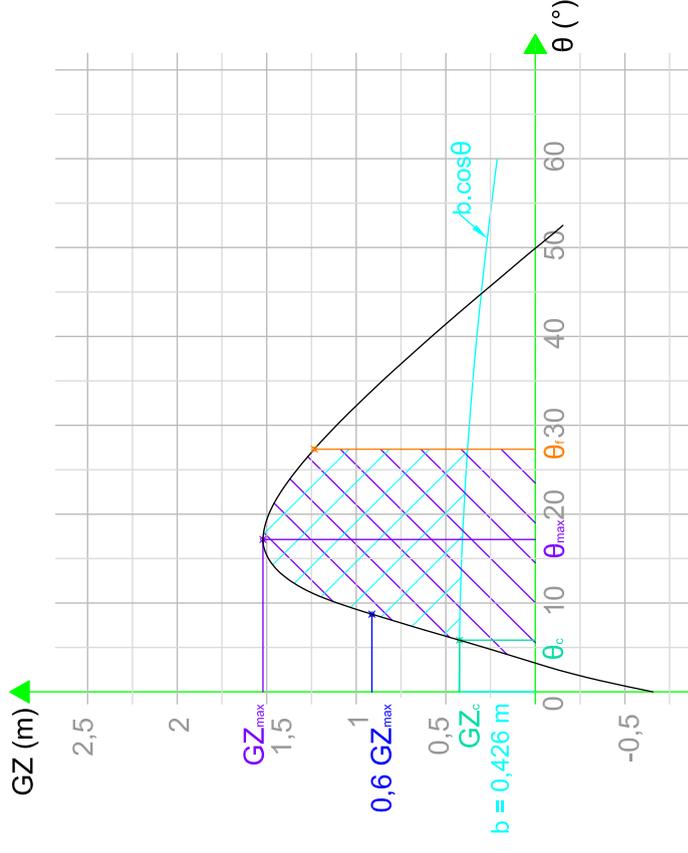


Courbe des bras de levier de redressement

Stabilité à l'état intact



Stabilité à l'état intact pendant la manutention de la charge

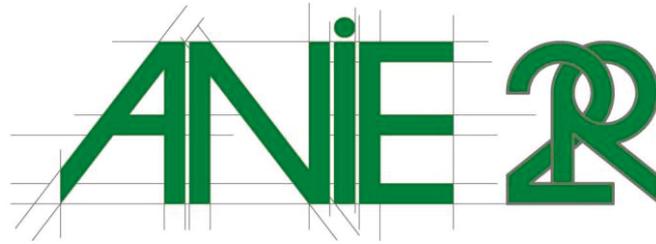


LEXIQUE AUTOSHIP

TRIM	Assiette (inclinaison longitudinale)
HEEL	Gite (inclinaison transversale)
WATERSPGR	Densité de l'eau
RIGHTING ARM	Bras de levier de redressement
L.C.B.	Position longitudinale du centre de carène
T.C.B.	Position transversale du centre de carène
V.C.B.	Position verticale du centre de carène
L.C.F.	Position longitudinale du centre de la flottaison
L.C.G.	Position longitudinale du centre de gravité
T.C.G.	Position transversale du centre de gravité
V.C.G.	Position verticale du centre de gravité
DEPTH	Enfoncement
DISPL	Déplacement
Ml	Métacentre longitudinal
Mt	Métacentre transversal
GMI	Distance métacentrique longitudinale
GMt	Distance métacentrique transversale
KMI	Rayon métacentrique longitudinale
KMt	Rayon métacentrique transversale
CRITICAL POINTS	Point critique
HEIGHT	Distance vertical entre un point critique et la flottaison
C.WS	Centre de gravité de la surface mouillée
DRAFT	Tirant d'eau
FP	Perpendiculaire avant du navire
MS	Mi-longueur du navire
AP	Perpendiculaire arrière du navire
I	Inertie de la flottaison
WPA	Aire de la flottaison
WS	Surface mouillée

Annexe E

Instructions au capitaine

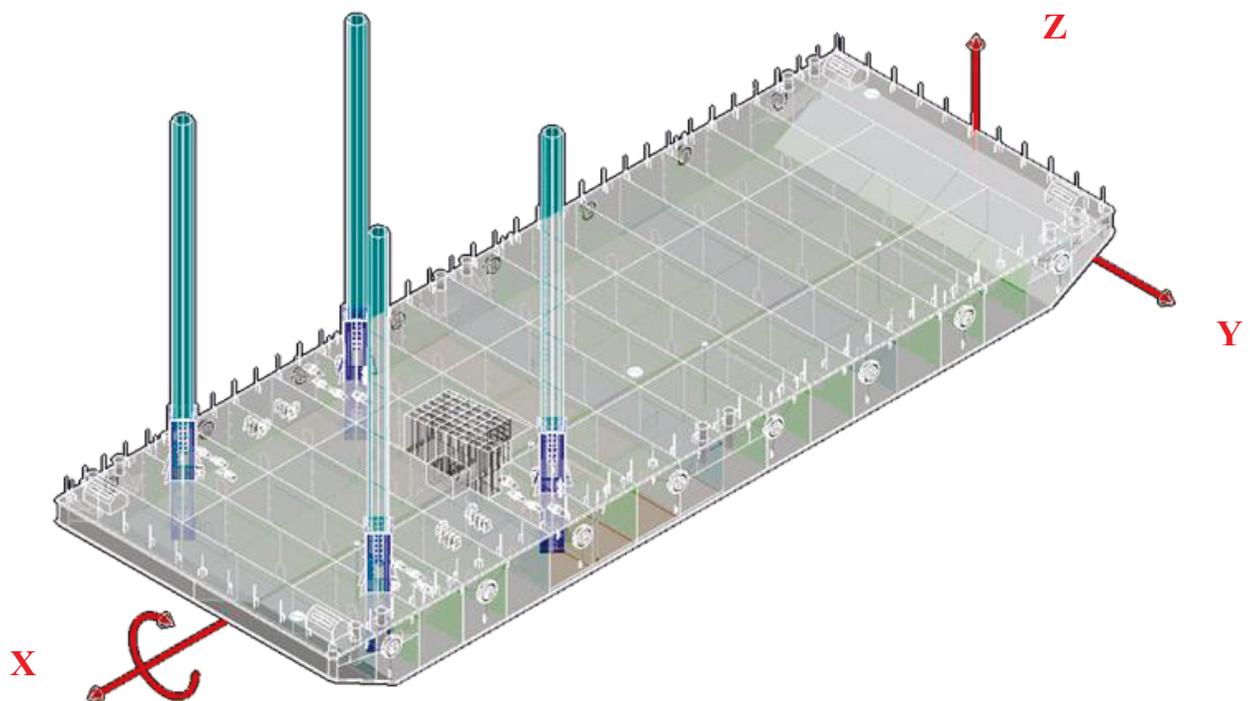


PONTON MEDCO / SAROST

INSTRUCTIONS SUR L'UTILISATION DU DOSSIER DE STABILITE

I. Généralités

I.1. Références



X	-	Zéro à la FP et positif vers l'arrière
Y	-	Zéro à l'axe longitudinal et positif à tribord
Z	-	Zéro à la ligne de référence et positif vers le haut
trim	-	Assiette positive vers l'arrière
heel	-	Gîte positive vers tribord
draught	-	Tirant d'eau sans appendice
keel draught	-	Tirant d'eau avec appendice

I.2. Lexique, symboles, unités

Perpendiculaire arrière	AP	-
Perpendiculaire avant	FP	-
Milieu entre perpendiculaire	MP	-
Ligne de référence	BL	-
Point bas des appendices	BK	-
Axe longitudinal	CL	-
Angle de gîte	θ	rad; (°)
Longueur entre perpendiculaire	LPP	m
Bau	B	m
Creux	D	m
Franc-bord	f	m
Tirant d'eau moyen avec appendices	TK	m
Tirant d'eau moyen sans appendice = 0.5 (TAP + TFP)	T	m
Tirant d'eau moyen sans appendice à AP	TAP	m
Tirant d'eau moyen sans appendice à FP	TFP	m
Tirant d'eau lu aux échelles de tirant d'eau arrière	TAR	m
Tirant d'eau lu aux échelles de tirant d'eau avant	TFR	m
Assiette	t, TRIM	m
Volume d'eau déplacé	DISV	m ³
Déplacement de masse	DISM	t
Déplacement de masse par centimètre de tirant d'eau	TPcm	t/cm
Coordonnée en x du centre du volume d'eau déplacé	XCB, LCB	m
Coordonnée en z du centre du volume d'eau déplacé	VCB	m
Coordonnée en x du centre de la surface de flottaison	XCF, LCF	m
Coordonnée en x du centre de gravité	XCG, LCG	m
Coordonnée en y du centre de gravité	YCG, TCG	m
Coordonnée en z du centre de gravité	ZCG, VCG	m
Coordonnée corrigée en z du CG = KG + Δ KG	KGC	m
Perte de GM due aux effets de carène liquide	GG0	m
Coordonnée en z du métacentre	KMT	m
Hauteur métacentrique	GM	m
Hauteur métacentrique corrigée = GM - Δ KG	GMC	m
Bras de levier de redressement	GZ	m
Moment longitudinal	MTL	tm
Moment vertical	MTV	tm
Masse	M	t
Moment dû à la carène liquide	FSM	tm
Moment d'inertie de la carène liquide	FSI	m ⁴
Moment nécessaire pour changer l'assiette d'un cm	MTcm	tm/cm
Moment nécessaire pour changer l'assiette d'un m	MTm	tm/m
Période de roulis	T	s
Pression du vent	pV	N/m ²
Vitesse du navire	V	m/s; (kn)
Densité de la charge d'un compartiment	ρ	t/m ³
Bras de levier résiduel	MS	m
Coordonnée en x de l'échelle de tirant d'eau arrière	Xaft	m
Coordonnée en x de l'échelle de tirant d'eau avant	Xfwd	m
Coordonnée en x de l'échelle de tirant d'eau milieu	Xmid	m
Distance entre l'échelle de tirant d'eau arrière et FP	LA	m

II. Notions importantes

II.1. Stabilité:

La hauteur métacentrique GM, la distance entre le point G et M, représente la stabilité pour les petits angles et est définie par la formule suivante:

$$GM = KMT - KG$$

Le centre de gravité (KG) au dessus de la quille dépend de la répartition de la charge à bord du navire. En additionnant les masses et leurs moments par rapport à la ligne de référence et en divisant le total des moments par le total des masses, on obtient alors le centre de gravité KG.

Le point métacentrique transversal (M) au dessus de la quille (K) dépend uniquement des formes de la carène, et peut être obtenu en utilisant les tableaux hydrostatiques.

En vue d'obtenir une stabilité positive (GM supérieur à 0) le centre de gravité doit être sous le point métacentrique (KMT).

II.2. Courbes de bras de levier:

Les courbes de bras de levier sont généralement utilisées pour représenter la stabilité du navire à différents angles de gîte. Pour que la stabilité du navire soit positive, le bras de levier GZ doit être positif. La formule suivante permet d'obtenir le bras de levier de redressement à différents angles de gîte:

$$GZ = KMT - KG * \sin \theta$$

II.3. Effet de carène liquide:

L'effet de carène liquide de l'huile, du gazole, de l'eau douce et de tout autre liquide doit être pris en considération à tout moment, dès qu'un réservoir n'est pas rempli à 100%.

Perte de GM [en mètre] = (Somme des moments de carène liquide [en tonnes x mètre]) / (Déplacement du navire [en tonnes])

Avec:

Moment de carène liquide = Inertie de la carène liquide [m4] x densité du liquide [t/m3]

III. Calcul des données hydrostatiques

III.1. Détermination du déplacement, des moments, du centre de gravité et de l'effet de carène liquide

L'utilisation du tableau des capacités et des données sur la charge en pontée (masse et centre de gravité) permet de remplir le tableau ci-dessous.

Le moment de carène liquide $FSM = FSI \times \text{densité du liquide}$.

Sommez les éléments des colonnes M, MTV, MTL et FSM et calculez ZG et XG du total en divisant les moments (MTV, MTL) par le total (M).

No.	Item	M	ZG	MTV	XG	MTL	FSM
		[t]	[m]	[tm]	[m]	[tm]	[tm]
0.							
1.							
2.							
3.							
4.							
5.							
6.							
7.							
8.							
9.							
10.							
11.							
12.							
13.							
14.							
15.							
16.	DEADWEIGHT						
17.	LIGHT SHIP WEIGHT*						
18.	TOTAL						

* Le déplacement léger est fourni dans le dossier de stabilité

Calculez le déplacement et les moments directement en sommant les éléments des colonnes correspondantes:

$$DISM = M_1 + M_2 + M_3 + \dots + M_n$$

$$MTL = MTL_1 + MTL_2 + MTL_3 \dots + MTL_n$$

$$MTV = MTV_1 + MTV_2 + MTV_3 \dots + MTV_n$$

Vous pouvez alors calculer le centre de gravité du navire dans la situation considérée:

$$XCG = MTL / DISM$$

$$ZCG = MTV / DISM$$

Le moment de carène liquide total peut être calculé en additionnant les FSM de chaque réservoir et ballast qui ne sont pas remplis à 100%. $FSM = FSM_1 + FSM_2 + FSM_3 + \dots + FSM_n = 1.522 \text{ [tm]}$

Le moment d'effet de carène liquide pour chaque réservoir ou ballast qui n'est pas rempli à 100% est $FSM = FSI * \rho$

avec FSI étant l'inertie de carène liquide du réservoir ou du ballast [m⁴]

et ρ la densité du liquide [t/m³]

$GG0 = FSM / DISM$ (Perte de GM due à l'effet de carène liquide)

$KGC = ZCG + GG0$

III.2. Détermination du tirant d'eau et de l'assiette

A partir du déplacement (DISM) et en utilisant le tableau des hydrostatiques à assiette nulle (trim = 0) fourni dans les annexes du dossier de stabilité, on obtient par interpolation linéaire le tirant d'eau (T), la position longitudinale du centre du volume d'eau déplacé (XCB), la position verticale du centre du volume d'eau déplacé (VCB), le rayon métacentrique longitudinal (BMt).

On peut calculer le moment nécessaire pour changer l'assiette d'un mètre :

$$MTm = (VCB + BMl - KG) \times DISM \times \tan(1,273)$$

On peut alors calculer l'assiette avec la formule suivante:

$$\text{Assiette} = \text{TRIM} = [(XCB - XCG) * DISM] / [MTm] \text{ [m]}$$

On peut ainsi déterminer le tirant d'eau aux perpendiculaires avant et arrière avec les formules suivantes:

$$T_{AP} = [(XCF * \text{TRIM}) / LPP] + T$$

$$T_{FP} = T_{AP} - \text{TRIM}$$

Les tirants d'eau lus aux échelles de tirant d'eau avant et arrière sont alors les suivantes:

Si

$$LF = X_{fwd}$$

$$LA = L_{pp} - X_{aft}$$

Alors

$$T_{AR} = \text{profondeur des appendices} + T_{AP} - (\text{TRIM} * LA) / L_{pp}$$

$$T_{FR} = \text{profondeur des appendices} + T_{FP} + (\text{TRIM} * LF) / L_{pp}$$

III.3. Détermination du déplacement à partir des tirants d'eau lus aux échelles de tirant d'eau.

La procédure suivante peut être utilisée pour calculer le déplacement du navire à partir des tirants d'eau lus sur les échelles. Le tirant d'eau moyen (T), à utiliser pour le tableau des hydrostatiques, est calculé de la manière suivante :

Avec

$$LF = X_{fwd}$$

$$LA = L_{pp} - X_{aft}$$

Supposons :

$$LF = 0.00 \text{ m}$$

$$LA = 0.00 \text{ m}$$

$$TRIM = [(T_{AR} - T_{FR}) * L_{pp}] / [L_{pp} - LA - LF]$$

$$T_{AP} = T_{AR} + [LA * TRIM] / L_{pp} - \text{profondeur des appendices}$$

$$T_{FP} = T_{FR} - [LF * TRIM] / L_{pp} - \text{profondeur des appendices}$$

$$T = 1/2 * (T_{AP} + T_{FP})$$

Le déplacement à assiette nulle au tirant d'eau moyen calculé ci-dessus peut alors être obtenu en utilisant le tableau des hydrostatiques.

IV. Détermination de la courbe de stabilité

Les tableaux des KN sont donnés par les pantocarènes fournies en annexe du dossier de stabilité. Ces derniers permettent d'établir la courbe de stabilité du navire pour tous les cas de chargements à considérer. La procédure décrite ci-dessous détaille une méthode permettant de calculer les bras de levier (GZ) à partir du tableau des KN.

Le bras de levier GZ peut être calculé de la manière suivante :

$$GZ = (KN - KG \cdot \sin \theta),$$

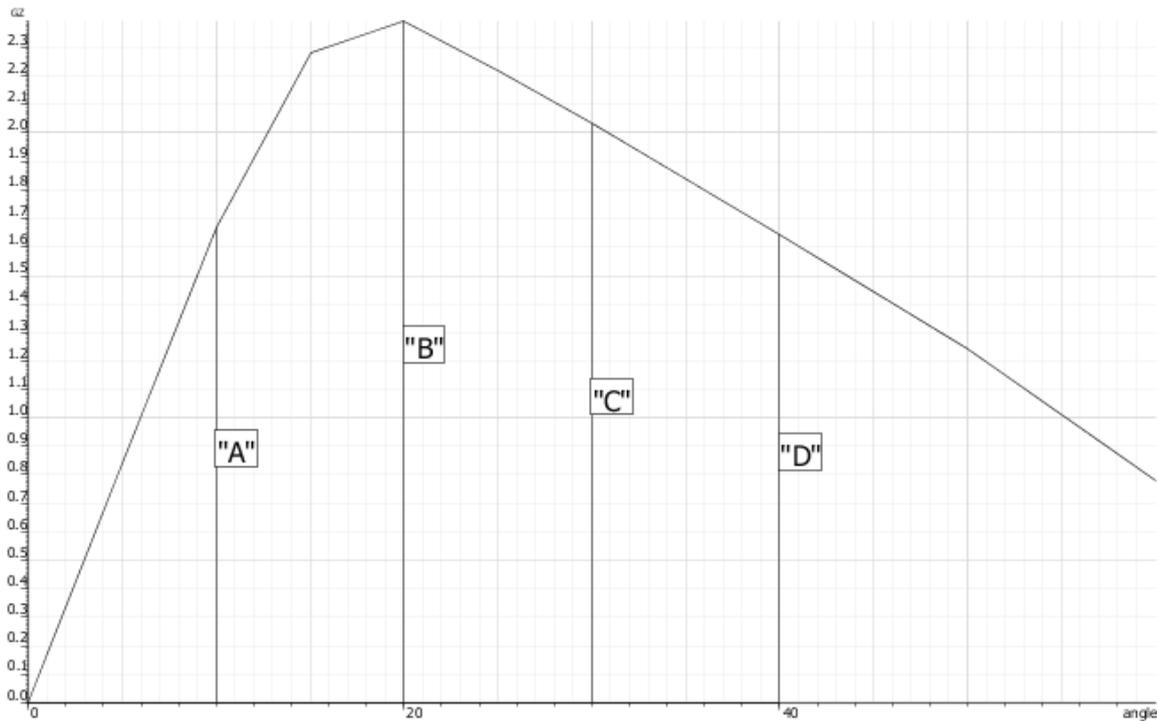
Avec, KN = Ordonnée des courbes pantocarènes fournies en annexe

et, KG = Position verticale du centre de gravité par rapport à la ligne de référence (corrigé de l'effet de carène liquide)

et, θ = Angle de gîte

θ °	KN @ DISP =	Sin θ	KG · Sin θ	GZ = (KN-KG · Sin θ)
5				
10				
15				
20				
25				
30				
40				
50				
60				

Avec les valeurs de la dernière colonne du tableau ci-dessus il est permis de dessiner une courbe statistique de stabilité pour le navire avec le cas de chargement considéré.

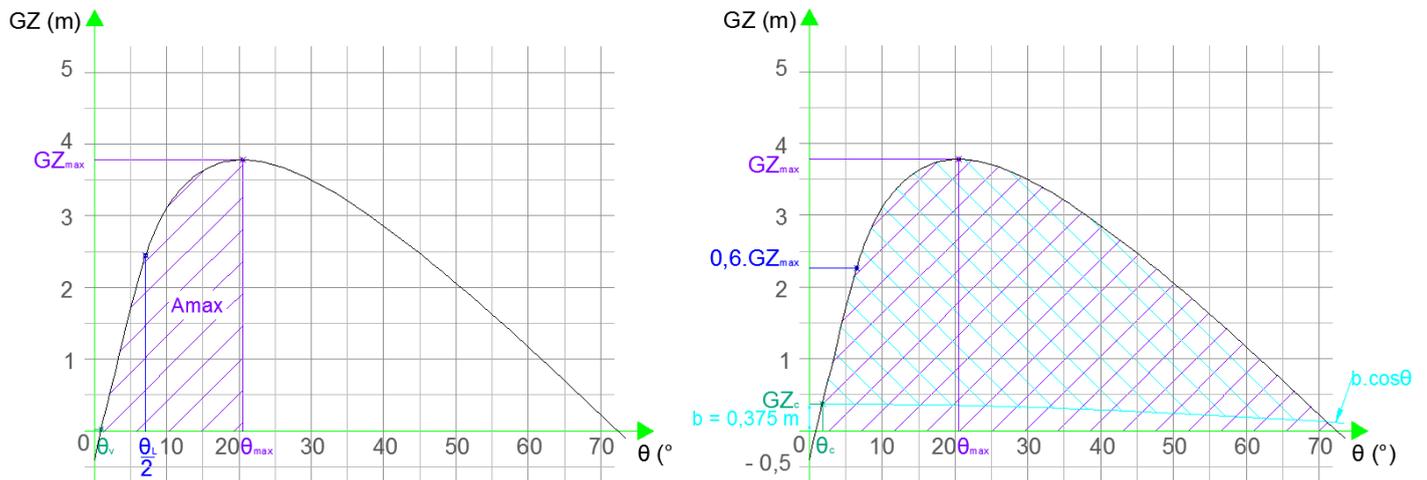


V. Rappel des critères de stabilité étudiés dans le dossier de stabilité :

Les critères suivants doivent être respectés pour assurer une stabilité suffisante pour l'exploitation du ponton :

Critères réglementaires	Critères réglementaires		exigé
	Aire sous la courbe des bras de levier de redressement jusqu'à θ_{\max}	A_{\max}	> 0,08 m.rad
	Angle de stabilité statique	θ_s	> 20 °
	Angle d'immersion du livet	θ_L	/
Vérifications complémentaires	Vérifications complémentaires relatives à l'utilisation de la grue		
	Angle d'intersection entre la courbe des bras de levier et la courbe des bras de levier correspondant à la manutention de la charge	θ_c	< 15 °
	Bras de levier maximal	GZ_{\max}	/
	Bras de levier de l'intersection entre la courbe des bras de levier et la courbe des bras de levier correspondant à la manutention de la charge	GZ_c	< 0,6.GZ_{max}
	Franc-bord résiduel	$F_{\text{rés}}$	≥ 30 mm
	Aire totale sous la courbe des bras de levier jusqu'à θ_s	A_{tot}	/
	Aire comprise entre la courbe des bras de levier et la courbe des bras de levier correspondant à la manutention de la charge jusqu'à θ_s	A_1	≥ 0,4.A_{tot}

Deux courbes de stabilité (GZ vs θ) sont données en exemple pour faciliter la compréhension des termes détaillés dans le précédent tableau:



Pour calculer b, on utilise la formule :

$$b = \frac{P \times d}{DISM}$$

avec

P: Masse de la charge manutentionnée [t]

d: Distance entre la charge manutentionnée et l'axe longitudinal [m]

DISM: Déplacement dans le cas considéré [t]

Pour calculer le bras de levier inclinant induit par l'effet du vent, on utilise la formule suivante:

$$GZ_V = \frac{p \times A \times L_v}{9.81 \times DISM}$$

avec

p: pression du vent 0,54 [kPa]

A: surface de prise au vent [m²]

L_v : La distance entre le centre de gravité de la surface de fardage et la moitié du tirant d'eau [m]

VI. Exploitation du tableau des capacités fourni en annexe:

Le tableau des capacités fourni en annexe permet au capitaine de déterminer la masse et le centre de gravité du ballast en fonction du niveau de remplissage:

Niveau de remplissage
des ballasts

Compartiment de ballast	Volume disponible (m3)	remplissage 5%				
		Vol (m3)	Xcg (m)	Zcg (m)	I4	Zcg corrigé (m)
Bâbord	140.272	7.014	36.943	0.930	82.458	12.687
Centre	187.343	9.367			196.438	21.901
Tribord	140.272	7.014			82.458	12.687
Total	467.888	23.394	Zcg CORRIGÉ			16.38

Volume de liquide correspondant avec détail de la répartition

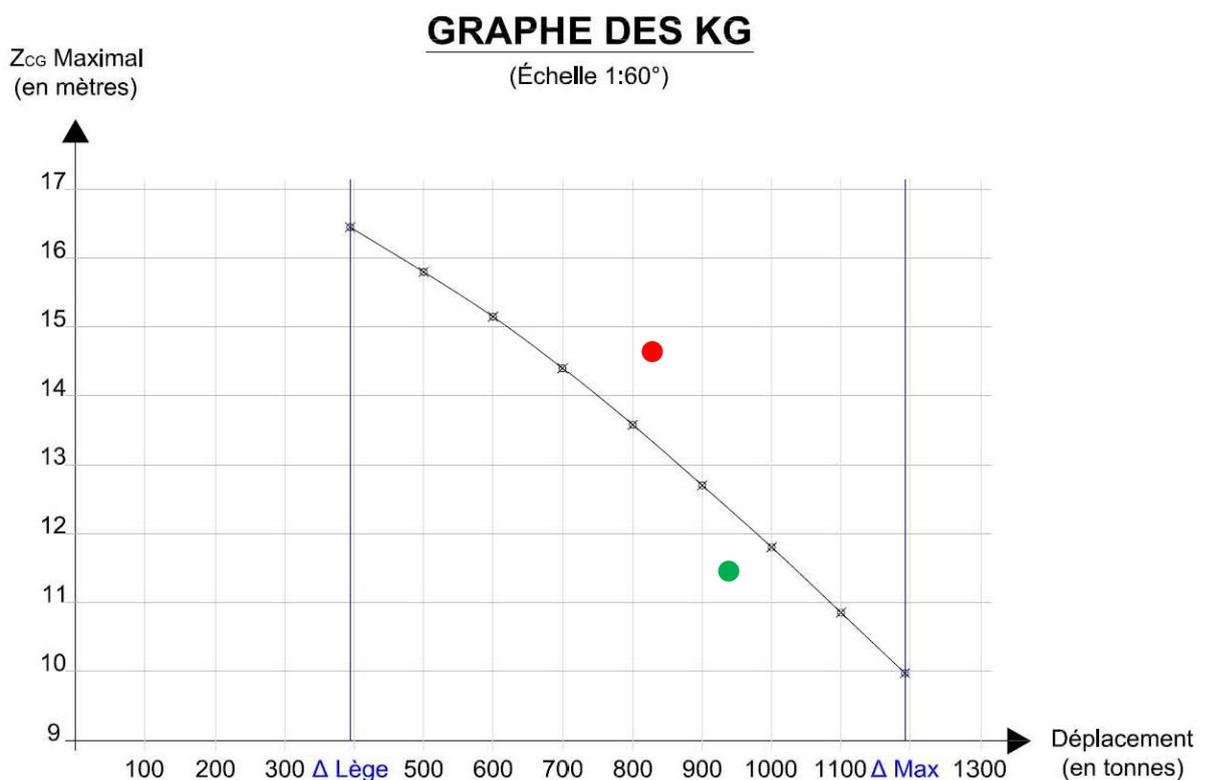
Position longitudinale du CDG du ballast par rapport à la perpendiculaire avant

Position verticale du CDG du ballast par rapport à la ligne de référence corrigé de l'effet de carène liquide

VIII. Exploitation du tableau des KG maximaux:

A partir du KG du navire déterminé conformément au chapitre III de la présente instruction, le tableau des KG maximaux et le graphe correspondant permettent de s'assurer que le ponton satisfait les critères réglementaires dans le cas de chargement considéré.

Pour cela, il suffit de reporter sur le graphe fourni en annexe du dossier de stabilité le déplacement du ponton et la valeur du KG déterminé pour le cas de chargement considéré. Si le point obtenu est au dessus de la courbe, les critères réglementaires ne sont pas respectés ; si le point obtenu est en dessous de la courbe, les critères réglementaires sont satisfaits.



Exemples:

Déplacement = 825 tonnes et KG = 14,87 m

=> Les critères réglementaires ne sont pas respectés (point rouge sur la courbe).

Déplacement = 936 tonnes et KG = 11,52 m

=> Les critères réglementaires sont satisfaits (point vert sur la courbe).

Annexe F

Considérations et solutions techniques

Considérations & solutions techniques identifiées

Élément à prendre en compte	Considération associée	Solution technique
Mise à l'eau	<ul style="list-style-type: none"> • Trouver un moyen pour protéger le fond de la coque lors de la mise à l'eau sur le slipway 	<ul style="list-style-type: none"> • Mise en place de sabots sous le ponton
Amarrage	<ul style="list-style-type: none"> • Déterminer les spécifications des amarres • Définir les caractéristiques des ancrs • Positionner des bollards 	<ul style="list-style-type: none"> • Calcul de la force de traction appliquée aux amarres • Calcul du nombre d'armement et des caractéristiques des ancrs • Dimensionner et définir la répartition des bollards sur le ponton
Pousseur	<ul style="list-style-type: none"> • Protéger le ponton contre les chocs • Impact sur la structure pour les zones soumises aux efforts de poussée 	<ul style="list-style-type: none"> • Mise en place des défenses (hautes, basses et latérales) • Dimensionner les étraves en prenant en compte l'influence du pousseur
Stockage matériel	<ul style="list-style-type: none"> • Prévoir local technique 	<ul style="list-style-type: none"> • Définir caractéristiques local (position, dimensions) • Dimensionner superstructure
Entretien	<ul style="list-style-type: none"> • Circulation dans le ponton pour inspection et travaux 	<ul style="list-style-type: none"> • Définir le plan de circulation • Prévoir portes et trappes étanches

Élément à prendre en compte	Considération associée	Solution technique
Sécurité de l'équipage	<ul style="list-style-type: none"> Respecter les éléments de sécurité imposés par la réglementation 	<ul style="list-style-type: none"> Trouver tout le matériel de sécurité et prévoir son installation à bord
	<ul style="list-style-type: none"> Empêcher le personnel de bord de tomber à l'eau 	<ul style="list-style-type: none"> Mettre en place des garde-corps
Bureau Veritas	<ul style="list-style-type: none"> Respecter les critères réglementaires 	<ul style="list-style-type: none"> Déterminer la réglementation en vigueur et identifier les critères réglementaires
Grue	<ul style="list-style-type: none"> Maintien en position 	<ul style="list-style-type: none"> Prévoir système d'accroche avec anneaux de saisissage et élingues
	<ul style="list-style-type: none"> Protéger le pont contre le poinçonnement 	<ul style="list-style-type: none"> Ajout d'une tôle d'usure
	<ul style="list-style-type: none"> Impact sur la structure 	<ul style="list-style-type: none"> Dimensionner le pont en prenant en compte le poids propre de la grue et aussi de sa charge
	<ul style="list-style-type: none"> Impact sur la stabilité 	<ul style="list-style-type: none"> Vérifier la stabilité selon les différentes positions de la grue et de sa charge
	<ul style="list-style-type: none"> Impact sur la flottaison 	<ul style="list-style-type: none"> Prévoir la répartition des poids
	<ul style="list-style-type: none"> Impact sur la flottaison 	<ul style="list-style-type: none"> Prévoir la répartition des poids
	<ul style="list-style-type: none"> Établir les conditions d'utilisation du ballast 	<ul style="list-style-type: none"> Déterminer les conditions d'utilisation du ballast Calculer la quantité ballast Détailler sur une note la méthode de remplissage et de vidage du ballast
Ballast	<ul style="list-style-type: none"> Impact sur la stabilité 	<ul style="list-style-type: none"> Calculer les caractéristiques (CdG) du ballast en prenant en compte l'effet de carène liquide
	<ul style="list-style-type: none"> Prévoir système de remplissage et d'assèchement 	<ul style="list-style-type: none"> Définir taille des motopompes, Établir la répartition des événements et tubes plongeurs en fonction des compartiments étanches
	<ul style="list-style-type: none"> Risque de corrosion 	<ul style="list-style-type: none"> Prévoir traitement interne anticorrosif

Élément à prendre en compte	Considération associée	Solution technique	Considération complémentaire
Mer	<ul style="list-style-type: none"> Risque de corrosion Impact sur la structure Impact sur la stabilité 	<ul style="list-style-type: none"> Prévoir traitement interne et externe anticorrosif, Installer anode sacrificielles Déterminer les efforts engendrés sur la coque Prendre en compte l'influence des vagues et du vent 	<ul style="list-style-type: none"> Choisir profils de structure pour faciliter l'application du traitement anti-corrosif
Berges / Fonds	<ul style="list-style-type: none"> Prendre en compte la charge en pontée Maintien en position sur le fond 	<ul style="list-style-type: none"> Définir la charge en pontée admissible au vu de la stabilité Prendre en compte la charge en pontée dans le dimensionnement de la structure Installation de pieux 	<ul style="list-style-type: none"> Calculer la charge en pontée admissible par rapport à la stabilité Vérifier que la charge en pontée a été prise en compte dans l'établissement du cahier des charges et que la résistance du pont estimée à 7 t/m² est suffisante Définir spécificités des pieux (nombre, répartition sur le ponton, dimensionnement) Définir système de circulation des pieux dans la barge Définir système de guidage Définir système de maintien en position Définir système de manipulation
			<ul style="list-style-type: none"> Mise en place de puits pour les pieux (ils isoleront le ponton de l'eau de mer) Système de glissière dans paliers Création d'une goupille pour maintenir les pieux en position Étude d'un système de palan (treuil, élingue et réa)

Annexe G

Notice technique



Architecture Navale Ingénierie Expertise Rose Raymond

PONTON MEDCO

Notice technique

-----oooo0000oooo-----

V/Réf. Ponton "MEDCO"

N/Réf. Dossier n° 12116

Sommaire

- Dimensionnement de la structure
 - Données utilisées
 - Récapitulatif
 - Vérification de la résistance longitudinale de l'échantillonnage
- Pieux et système de manipulation
 - Dimensionnement des pieux
 - Vérification de la résistance des pieux au moment de flexion
 - Dimensionnement de la goupille de maintien en position
 - Vérification des réas

Échantillonnage de la structure

Le dimensionnement de la structure est établi à partir de la réglementation (partie B, Chapitre 6)

➤ **Données :**

Définition	Symbole	Valeur	Unité	Informations complémentaires
Longueur du bateau	L	45	m	
Largeur du navire	B	16	m	
Creux (hauteur)	C	3	m	
Limite d'élasticité minimale garantie du matériau considéré	Re	235	N/mm ²	
Coefficient de forme pour les tôles	k	1		
Tirant d'eau	T	2	m	
Hauteur de charge de référence	(d ₀)	1	m	car L ≤ à 50m
Densité d'une cargaison, ici de l'eau de mer	δ	1,025		
Distance du centre de gravité du compartiment au pont	d _c	1,25	m	
Distance du sommet du dégagement d'air au plafond	d _a	0	m	
Pas de pression de tarage des soupapes de sécurité	p ₀	0	bar	
Charge en pontée	p	8	t/m ²	
Hauteur de compartiment	H	2,5	m	
Distance en mètres du point de calcul au pont de franc-bord	d	1,25	m	
Portée des raidisseurs	l	2,5	m	
Écartement des raidisseurs	E	0,6	m	11 raidisseurs, 10 espacements
Espacement standard des couples	E ₀	0,5925	m	0,48+(L/400)
Coefficient de tirant d'eau	t	1		car L > 40
Coefficient d'échantillonnage	k	1		défini en 6.011.43; k=1 avec Re=235N/mm ²
Coefficient de réduction	(r ₂)	1		défini en 6.011.43; considéré en haute mer
Angle du raidisseur avec la verticale	β	0	m	

➤ Récapitulatif des valeurs obtenues :

		région milieu	extrémités	intermédiaire	
h (en m)	pour fond	2,9	3,5	3,2	
	pour pont	8,8	8,9	8,9	
	pour muraille	2,6	3,5	3,1	
	pour cloisons	2,3			
e (en mm)	pour fond	7,3	7,3		
	pour pont	8,2	7,4	7,8	
	pour muraille	7,3	7,3	7,3	
	pour cloisons	6,3	6,3	6,3	
w (en cm³)	pour fond	127,5	127,5		
	pour pont	275,9	184,0		
	pour muraille	78,0	105,0	91,5	
	pour cloisons	raidisseurs verticaux	80,1		
		raidisseurs horizontaux	49,6		
raidisseurs ballast		93,0			

Échantillonnage choisi :

e	pour fond	10
	pour pont	12
	pour muraille	10
	pour cloisons	8

w	pour fond	130	// 200 * 10	norme UNE	
	pour pont	298	Cornières 200 * 100 * 10	norme AFNOR	
	pour muraille	106	// 180 * 10	norme UNE	
	pour cloisons	raidisseurs verticaux	84	// 160 * 10	norme UNE
		raidisseurs horizontaux	66	// 140 * 10	norme UNE
		raidisseurs ballast	93	// 180 * 10	norme UNE

Dimensions des goussets (en mm) :

Pont – cloison étanche	200*1.5 + 160*1.5	300 * 240 * 10
Pont – cloison non étanche	200 * 1.5 + 140 * 1.5	300 * 210 * 10
Fond – cloison étanche	200*1.5 + 160*1.5	300 * 240 * 10
Fond – cloison non étanche	200 * 1.5 + 140 * 1.5	300 * 210 * 10

Dimensions des épontilles (en mm) :

100 * 100 * 10

➤ Vérification de la résistance longitudinale de l'échantillonnage

Lexique :

P : poids lège du navire (kN).

P' : poids en charge du navire (kN).

L : longueur du navire (m).

n : nombre d'éléments considérés.

A : aire de la section transversale de l'élément (mm²).

A_{tot} : aire de la section transversale de la totalité des éléments considérés (mm²).

h : distance entre l'axe neutre de l'élément et l'axe horizontal situé à mi-hauteur de la structure (mm).

I : moment quadratique transversal (mm⁴).

d : distance entre l'axe neutre de la structure et l'axe horizontal situé à mi-hauteur de la structure (mm).

I_{tot} : moment quadratique de la structure (mm⁴).

y : distance entre l'axe neutre et le point qui en est le plus éloigné (mm).

Calcul du moment fléchissant maximal :

Afin de considérer le moment fléchissant maximal, nous comparerons deux situations pour l'utilisation du bâtiment :

- Lorsque le bateau sera en appui aux extrémités, on considère un moment fléchissant maximum de l'ordre de PL/8 :

$$M_f = \frac{P \times L}{8} = \frac{300 \times 9,81 \times 45}{8} = 16554,4 \text{ kNm}$$

- Lorsque le bateau sera utilisé en mer agitée, on considère un moment fléchissant maximum de l'ordre de P'L/30 :

Pour une hauteur de vague d'environ 10 % de la longueur de la barge, cela représente un creux de 4,50 m et des vagues de 2,25 m de hauteur.

Ci-dessous, P' est considéré avec un tirant d'eau avoisinant les 2 mètres.

$$M_f = \frac{P' \times L}{30} = \frac{1500 \times 9,81 \times 45}{30} = 22072,5 \text{ kNm}$$

C'est donc ce moment fléchissant qui sera retenu pour la suite des vérifications.

Calcul du moment d'inertie de la section transversale:

Le tableau ci-dessous résume les différentes caractéristiques des éléments de structure longitudinaux:

	n	A élément (mm ²)	Atot (mm ²)	h (mm)	Ah (mm ³)	Ah ² (mm ⁴)	I (mm ⁴)
Tôles de murailles (ep 10)	2	30000	60000	0	0	0	4,50E+10
Tôles de fonds (ep 10)	1	160000	160000	-1500	-2,40E+08	3,60E+11	1,33E+06
Tôle de pont (ep 12)	1	192000	192000	1500	2,88E+08	4,32E+11	2,30E+06
Tôles de cloisons longi (ep 8)	2	24000	48000	0	0	0	3,60E+10
// de Muraille (180*10)	2	1800	3600	-900	-3,24E+06	2,92E+09	3,00E+04
// de Muraille (180*10)	2	1800	3600	-300	-1,08E+06	3,24E+08	3,00E+04
// de Muraille (180*10)	2	1800	3600	300	1,08E+06	3,24E+08	3,00E+04
// de Muraille (180*10)	2	1800	3600	900	3,24E+06	2,92E+09	3,00E+04
// de fond (200*10)	24	2000	48000	-1390	-6,67E+07	9,27E+10	1,60E+08
// cloison (140*8)	2	1120	2240	-900	-2,02E+06	1,81E+09	1,19E+04
// cloison (140*8)	2	1120	2240	-300	-6,72E+05	2,02E+08	1,19E+04
// cloison (140*8)	2	1120	2240	300	6,72E+05	2,02E+08	1,19E+04
// cloison (140*8)	2	1120	2240	900	2,02E+06	1,81E+09	1,19E+04
Cornières de pont (200*100*10)	24	2900	69600	1388	9,66E+07	1,34E+11	3,02E+08
Total			600960		7,79E+07	1,03E+12	8,15E+10

Par conséquent la position de l'axe neutre peut être déduite:

$$d = \frac{Ah}{A} = \frac{7,79 \times 10^7}{600960} = +129,6 \text{ mm}$$

Il en résulte le moment quadratique transversal suivant:

$$I = Ah^2 + I - Ad^2 = 1,03 \times 10^{12} + 8,15 \times 10^{10} - 600960 \times 129,6^2 = 1,10 \times 10^{12} \text{ mm}^4$$

Et le module d'inertie de la section transversale:

$$\frac{I_{tot}}{y} = \frac{1,10 \times 10^{12}}{1500 + 129,6} = 6,76 \times 10^8 \text{ mm}^3$$

Détermination de la contrainte:

La contrainte maximum résultant de la flexion longitudinale du navire peut être calculée:

$$\sigma_f = \frac{M_f}{\frac{I_{tot}}{y}} = 32,65 \text{ N.mm}^{-2}$$

Afin de prendre en compte les non linéarités géométriques et du matériau, nous prenons en compte une contrainte $\sigma = 100 \text{ MPa}$.

La contrainte calculée ici est donc largement inférieure aux valeurs de contraintes maximum admissibles pour les aciers courants de construction.

Étude des pieux et du système de manipulation➤ Dimensionnement des pieux :Estimation de la barge pleine charge :

Le déplacement (poids pleine charge) du navire est :

$$\Delta = L \times B \times T \times C_b$$

Où L est la longueur du bateau (en m),

B est la largeur (en m),

T est le tirant d'eau (en m),

Cb est le coefficient prismatique (qui dépend des formes du bateau à l'étrave)

Alors :

$$\Delta = 45 \times 16 \times 2,5 \times 1$$

$$\Delta = 1800 \text{ m}^3$$

$$\Delta = 1845 \text{ t avec une masse volumique de l'eau salée égale à } 1,025 \text{ kg/m}^3$$

Estimation de la charge verticale sur les 4 pieux :

$$Q_{tot} = \Delta \times 9,81$$

$$Q_{tot} = 18\,099 \text{ kN}$$

Charge critique d'Euler :

$$Q_{tot} \leq \frac{\pi^2 E I}{(L k)^2}$$

Où E est le module de Young du matériau (N/mm²),I est le moment d'inertie du profil (mm⁴),

L.k est la charge critique (mm). On prend Lk = 0,7L car le pieu est encasté d'un côté et rotulé de l'autre (l'encastrement est du notamment aux puits de pieux qui font 6m de hauteur).

Calcul du moment d'inertie (en mm⁴) :

$$I \geq \frac{Q_{tot} (L k)^2}{\pi^2 E}$$

$$I \geq \frac{18\,100\,000 \times (14\,000 \times 0,7)^2}{\pi^2 \times 240\,000}$$

$$I \geq 7,3387 \cdot 10^8$$

$$I \geq 7,3387 \cdot 10^4 \text{ cm}^4$$

Application d'un coefficient de sécurité :

$$I \geq 7,3387 \cdot 10^4 \times 1,4$$

$$I \geq 102\,742 \text{ cm}^4$$

Échantillonnage :

Pour les tubes des pieux, le profil est choisi ALTI FERS et Métaux (ou équivalent)

Tube creux

Ø ext = 762 mm (30")

Épaisseur = 10,31 mm

I = 171 995 cm⁴

M = 191 kg / m

➤ Vérification de la résistance des pieux au moment de flexion :

Illustration de la situation la plus défavorable :

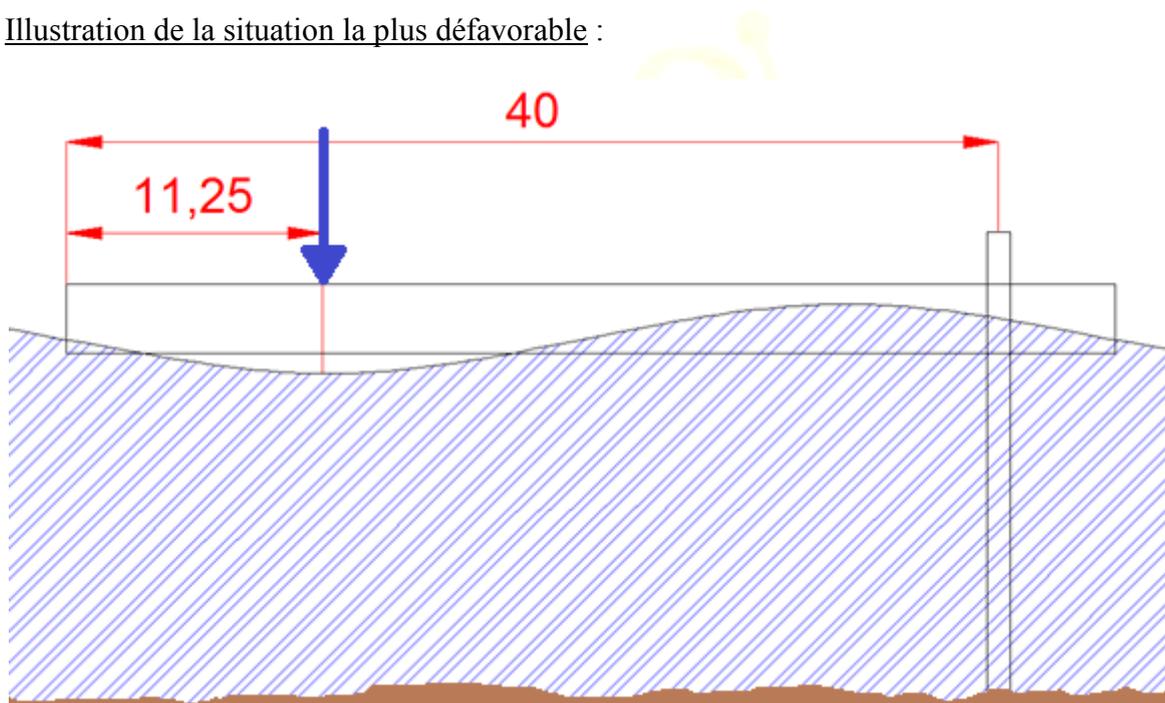


Figure 1 : Situation la plus défavorable

Calcul du moment de flexion :

$$M_f = \frac{\Delta}{2} \times 9,81 \times (40 - 11)$$

$$M_f = 262\,442 \text{ kNm}$$

$$M_{f \text{ pieu}} = 131\,221 \text{ kNm}$$

Contrainte normale maximale :

$$\sigma_{max} = \frac{M_f}{I} \times \frac{h}{2}$$

Ce qui donne :

$$I \geq \frac{M_f}{\sigma_{max}} \times \frac{h}{2}$$

$$I \geq \frac{131\,221 \cdot 10^6}{240\,000} \times \frac{750}{2}$$

$$I \geq 2,05 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$$

$$I \geq 20\,503 \text{ cm}^4$$

Ce qui est largement inférieur aux caractéristiques du profil choisi.

➤ **Dimensionnement de la goupille de maintien en position des pieux :**

Pour dimensionner la goupille, on calculera la contrainte de cisaillement pour laquelle on doit déterminer \vec{P} , le poids d'un pieu.

Calcul de la masse d'un pieu :

Masse linéaire du tube du pieu : 191 kg/ml

Longueur du pieu : 20m

Nombre de plats (// 50 x 10) pour 1 pieu : 4

Masse linéaire des plats (// 50 x 10) : 3,93 kg/ml

Longueur des plats : 19 m

Masse des pieux = (191 x 20) + (4 x 3,93 x 19) = 4120 kilos.

Dimensionnement de la goupille à partir de la contrainte de cisaillement :

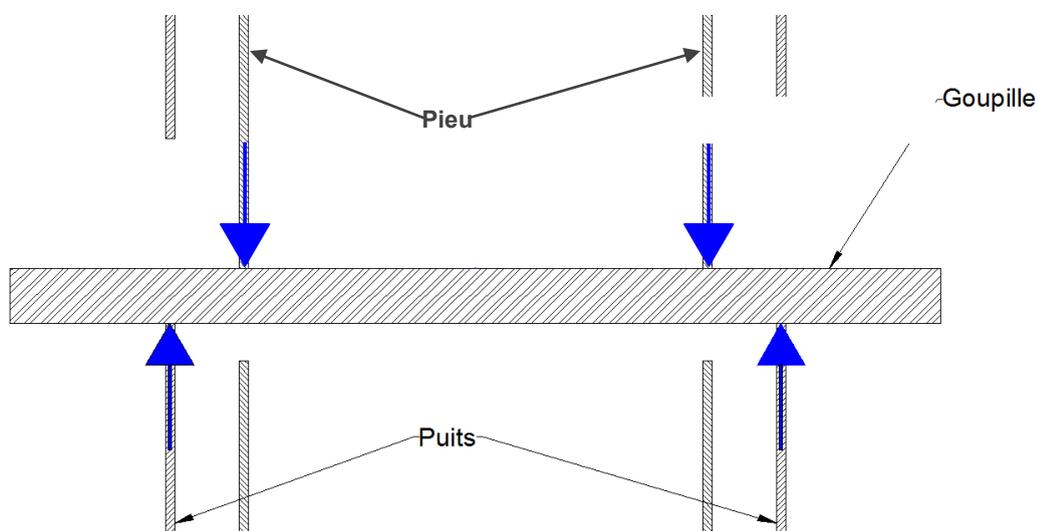


Figure 2 : Illustration des forces appliquées à la goupille

On considère une contrainte de cisaillement car la distance horizontale entre l'application des forces (poids du pieu et réaction du puits) est faible.

$$\sigma = \frac{P^*}{S}$$

$$\sigma = \frac{4}{3} \frac{P}{\pi r^2}$$

Soit :

$$r^2 > \frac{4}{3} \frac{P}{\pi \sigma}$$

$$r^2 > \frac{4}{3} \frac{5\,000 \times 9,81}{\pi \times 100}$$

* on considère le poids \vec{P} (et pas la moitié du poids) pour prendre en compte la possibilité que le pieu ne soit en appui que d'un côté sur la goupille à cause d'une vague.

On calcule donc r^2 et r :

$$r^2 > 208$$

$$r > 14,5 \text{ mm}$$

Caractéristiques de la goupille :

$$D = 50 \text{ mm}$$

$$L = 1500 \text{ mm}$$

$$S = 1963,5 \text{ mm}^2$$

$$V = 2\,945\,243 \text{ mm}^3 = 0,00294 \text{ m}^3$$

$$P = V \times \rho = 22,9 \text{ kg pour un acier de masse volumique égale à } 7800 \text{ kg/m}^3$$

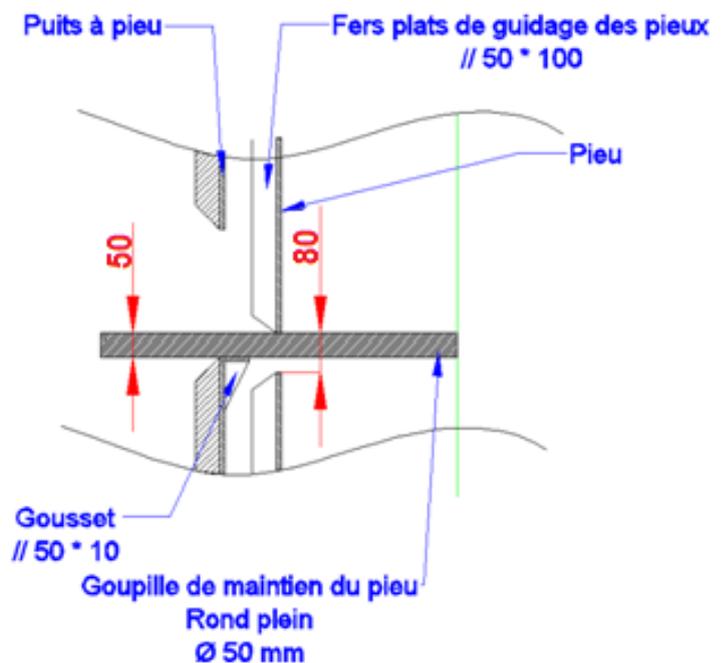


Figure 3 : Goupille dans le puits

Notes :

- À partir d'un rayon de 15 mm, l'application d'un coefficient de sécurité de 1,4 donne une goupille de diamètre minimal égal à 42 mm, on choisit d'arrondir à 50 mm.
- Les pieux étant guidés dans les puits par 4 fers plats, aucune rotation n'est possible et l'alignement des trous dans les puits et les pieux ne sera pas problématique.

Étude des pieux et du système de manipulation

➤ Vérification des réas :

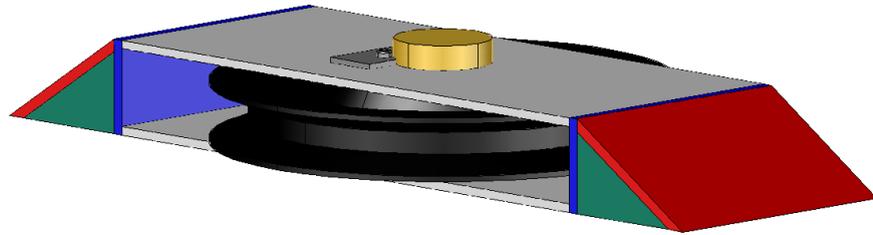


Figure 4 : une boîte à réa

Sur la figure ci-dessus, on voit :

- le réa (en noir),
- l'axe qui maintient le réa en position (en jaune),
- les tôles supérieure, inférieure (en gris) et latérales (en bleu) de la boîte à réa,
- les goussets verticaux (en vert) et supérieurs (en rouge).

Masse des pieux :

Masse linéaire du tube du pieu : 191 kg/ml

Longueur du pieu : 20 m

Nombre de plats (// 50 x 10) pour 1 pieu : 4

Masse linéaire des plats (// 50 x 10) : 3,93 kg/ml

Longueur des plats : 19 m

Masse des pieux = $(191 \times 20) + (4 \times 3,93 \times 19) = 4120$ kilos.

Caractéristiques des réas :

Charge admissible (CMU / WLL) d'un réa : 12,5 tonnes

Rendement des réas pour l'utilisation de câbles métalliques : 0,96% (source fournisseur)

Répartition des charges :

Chaque pieu étant soulevé par deux élingues (manipulées par un treuil et circulant chacune sur 3 réas), on divise la charge manipulée (4,120 tonnes) par deux.

Chaque élingue soulève donc $4,120 / 2 = 2,06$ tonnes.

Prise en compte de la résultante des efforts :

La masse soulevée par chaque élingue correspond à une force de 20,21kN. Cette force est appliquée en entrée sur le réa vertical. On doit prendre en compte le rendement de chaque réa, ainsi que la composante des forces.

Le tableau ci-dessous présente ces données :

Réa		Force en entrée (kN)	Rendement	Force en sortie (kN)	Force globale (kN)
N°1	Vertical	20,21	0,96	21,05	32,67
N°2	Incliné	21,05	0,96	21,93	39,04
N°3	Horizontal	21,93	0,96	22,84	31,10

Les forces composées ont été mesurées graphiquement. La figure ci-après représente une vue de dessus des composantes et résultantes :

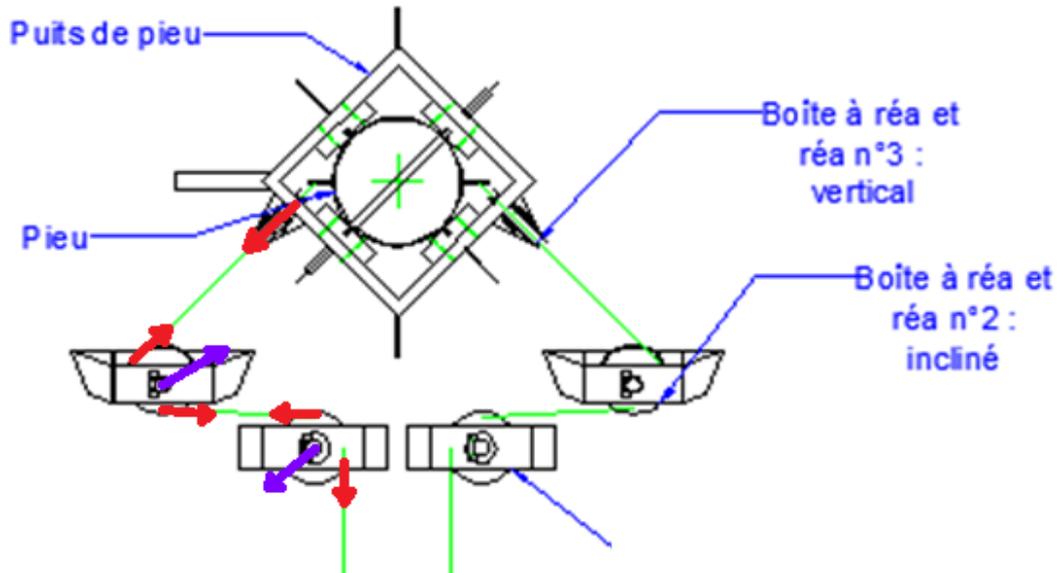


Figure 5 : Composantes et résultantes

Facteur de sécurité des réas :

Dans le réa fixé sur le puits de pieu : $12,5 / (32,67/9,81) = 3,75$.

Dans le réa intermédiaire : $12,5 / (39,04/9,81) = 3,14$.

Dans le réa avant le treuil : $12,5 / (31,10/9,81) = 3,94$.

Résistance des axes des boîtes à réa au cisaillement :

Soit F_i les efforts dans chaque réas, et donc, à son axe.

On a :

$$F_1 = 32\,667 \text{ N};$$

$$F_2 = 39\,044 \text{ N};$$

$$F_3 = 31\,098 \text{ N}.$$

Soit r le rayon des axes avec $r = 45 \text{ mm}$ et s la surface de contact avec $s = 4/3 \pi r^2$, $s = 8482 \text{ mm}^2$.

Soit σ_i les contraintes dans chaque axe.

On considère une contrainte admissible du matériau σ_{adm} . Le matériau étant de l'acier, sa contrainte admissible est de 240 MPa. Afin de prendre en compte les non linéarités géométriques et du matériau, nous considérons $\sigma_{adm} = 100 \text{ MPa}$.

Puisque $\sigma_i = F_i/s$, on a :

$$\sigma_1 = F_1 / s = 32\,667 / 8482 = 3,85 \text{ N/mm}^2 \ll 100 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2 = F_2 / s = 39\,044 / 8482 = 4,60 \text{ N/mm}^2 \ll 100 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3 = F_3 / s = 31\,098 / 8482 = 3,67 \text{ N/mm}^2 \ll 100 \text{ MPa}$$

Vérification de la bonne transmission des efforts des axes à la tôle supérieure des boîtes à réa :

Soit σ'_i les contraintes transmises des axes aux tôles supérieures des boîtes à réas.

Soit s' la surface de contact. La figure 6 représente ces informations.

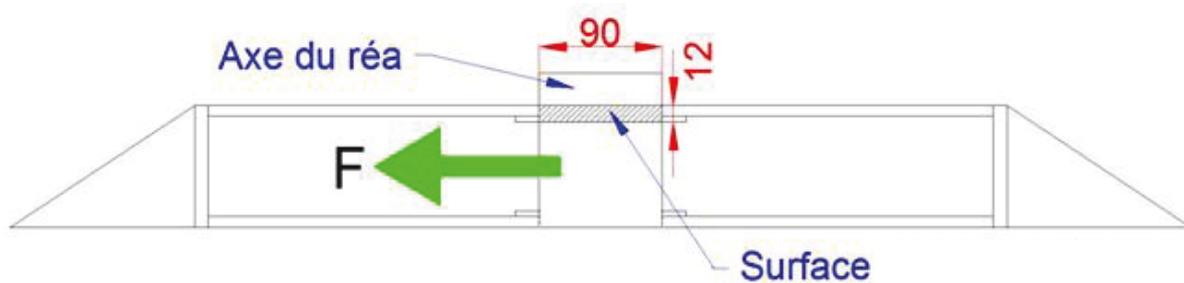


Figure 6 : Efforts appliqués aux axes des boîtes à réa

On a $s' = 90 \times 12 = 1\,080 \text{ mm}^2$

Notes :

- On considère la surface s' projetée et pas la surface cylindrique qui serait plus grande et plus favorable.
- Dans ce calcul, la surface de contact entre l'axe et la tôle de la boîte à réa qui se situe sur le pont n'est pas prise en compte afin qu'elle ne soit pas considérée comme une doublante.
- Dans le cas de la boîte à réa verticale, l'axe est maintenu par deux tôles verticales et la surface de contact s' devrait être doublée (en vert sur le schéma 7).

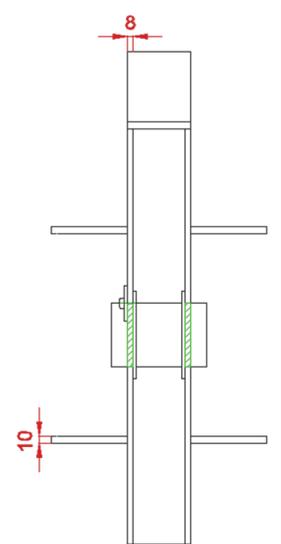


Figure 7 : surface d'appui des axes des réas verticaux

Puisque $\sigma_i' = F_i/s'$, on a :

$$\sigma_1' = F_1 / s' = 32\,667 / 1\,080 = 30,25 \text{ N/mm}^2 \ll 100 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2' = F_2 / s' = 39\,044 / 1\,080 = 36,15 \text{ N/mm}^2 \ll 100 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3' = F_3 / s' = 31\,098 / 1\,080 = 28,80 \text{ N/mm}^2 \ll 100 \text{ MPa}$$

Note :

Pour la suite des vérifications qui seront effectuées, on distinguera le réa vertical des deux autres réas pour plus de clarté.

Réa vertical (1) :

Vérification de la résistance des soudures à l'arrachement entre la boîte à réa et le pont :

Soient Lw_1 la longueur des cordons de soudure entre la boîte à réa et le pont :

$$Lw_1 = (320 \times 2 + 8) \times 2 = 1\,296 \text{ mm}$$

Soit a la gorge des cordons de soudure telle que $a = 4 \text{ mm}$.

Soit s'' la surface de soudure avec $s'' = a \times Lw_1$.

Soit σ_1'' la contrainte dans les cordons de soudure.

Alors :

$$\sigma_1'' = F_1 / s'' = 32\,667 / (1\,296 \times 4) = 6,30 \text{ N/mm}^2 \ll 100 \text{ MPa}$$

Vérification de la résistance des soudures à l'arrachement entre la boîte à réa et le puits de pieu :

Soient Lw_1 la longueur des cordons de soudure entre la boîte à réa et le pont :

$$Lw_1 = (700 \times 2 + 8) \times 2 = 2\,816 \text{ mm}$$

Soit a la gorge des cordons de soudure telle que $a = 4 \text{ mm}$.

Soit s la surface de soudure avec $s = a \times Lw_1$

Soit σ_1 la contrainte dans les cordons de soudure.

Alors :

$$\sigma_1 = F_1 / s = 32\,667 / (2\,816 \times 4) = 2,90 \text{ N/mm}^2 \ll 100 \text{ MPa}$$

Réas incliné (2) et horizontal (3) :Vérification de la bonne transmission des efforts des tôles supérieures aux goussets des boîtes à réa :

Soit σ_i les contraintes générées par les efforts transmis des tôles supérieures aux goussets des boîtes à réas.

Sur la figure 5, on voit la surface de contact s entre la tôle supérieure (en gris) et les goussets supérieurs (en rouge) des boîtes à réas. La figure 5 représente ces informations.

Ici, on a s telle que $s = 245 \times 8 = 1\,960 \text{ mm}^2$, alors :

$$\sigma_2 = F_2 / s = 39\,044 / 1\,960 = 19,92 \text{ N/mm}^2 \ll 100 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3 = F_3 / s = 31\,098 / 1\,960 = 15,87 \text{ N/mm}^2 \ll 100 \text{ MPa}$$

Vérification de la résistance des soudures à l'arrachement des goussets supérieurs des boîtes à réa :

Soient Lw_i les longueurs des cordons de soudure :

$$Lw_2 = 2 \times 245 + 2 \times 282 + 133 + 138 + 237 + 241 = 1\,803 \text{ mm}$$

$$Lw_3 = 4 \times 145 + 4 \times 116 = 1\,444 \text{ mm}$$

Soit a la gorge des cordons de soudure telle que $a = 4 \text{ mm}$.

Soit s les surfaces de soudure avec $s = a \times Lw_i$.

Soit σ_i les contraintes dans les cordons de soudure.

Alors :

$$\sigma_2 = F_2 / s = 39\,044 / (1\,803 \times 4) = 5,41 \text{ N/mm}^2 \ll 100 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3 = F_3 / s = 31\,098 / (1\,444 \times 4) = 5,38 \text{ N/mm}^2 \ll 100 \text{ MPa}$$

Vérification de la résistance des soudures à l'arrachement entre les goussets verticaux des boîtes à réa et le pont :

Soient F_i les efforts dans chaque réas.

Soit a la gorge des cordons de soudure telle que $a = 4 \text{ mm}$.

Soit Lw_i la longueur totale utile du cordon de soudure.

Afin de s'assurer de la résistance de ces soudures, et pour que la tôle de fond des boîtes à réas horizontal et incliné ne soient pas soudées, et ne soit pas considérée comme une tôle doublante, la vérification de la résistance des soudures se porte sur les seuls goussets.

- Pour le réa incliné :
 - $Lw_2 = (229 \times 2 + 10) + (136 \times 2 + 10)$
 $Lw_2 = 750 \text{ mm.}$
 - $a \times Lw_2 = 4 \times 750 = 3\,000 \text{ mm}^2$
 - $\sigma''' = 39\,044 / 3\,000 = 13,01 \text{ N/mm}^2 \ll 100 \text{ MPa}$

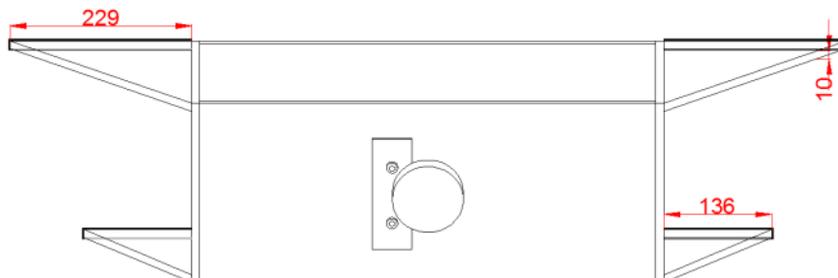


Figure 9 : Longueur de soudure des goussets verticaux de la boîte à réa incliné

- Pour le réa horizontal :
 - $Lw_3 = (136 \times 2 + 10) \times 2 = 564 \text{ mm.}$
 - $a \times Lw_3 = 4 \times 564 = 2\,256 \text{ mm}^2$
 - $\sigma''' = 31\,098 / 2\,256 = 13,78 \text{ N/mm}^2 \ll 100 \text{ MPa}$

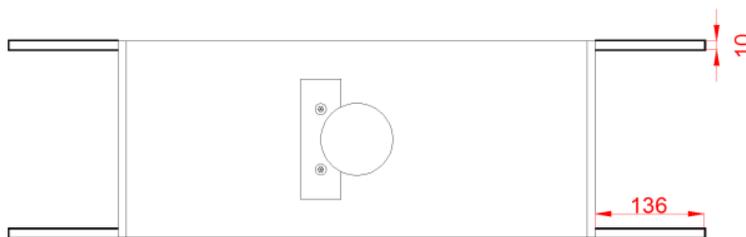


Figure 10 : Longueur de soudure des goussets verticaux de la boîte à réa horizontal

On considère donc que les tôles de fond des boîtes à réa horizontal et incliné ne doivent pas être soudées, et que la seule soudure des goussets est suffisante pour garantir la résistance des soudures des boîtes à réas sur le pont.

Annexe H

Echanges avec le B.V.

*IRISH ROSE
LIBERATION
ANIE-2R*

*Résidence Vauban
Port Renaissance
13110 PORT DE BOUC
Tél : 04.42.06.05.09
Port : 06.82.68.06.51
Mail : francois.rose4@wanadoo.fr
Siret : 38851229500030*

Gérant :

Hubert REYMOND :

- Ingénieur diplômé de l'Ecole Supérieure des Techniques Aéronautiques et de la construction Automobile
- Diplômé d'un master II d'architecture navale à l'Université de Southampton (Major de la promotion 2008).
- Architecte naval IFAN
- Expert Maritime Plaisance certifié E.E.A.
- Membre probatoire de la Chambre Nationale des Experts Maritimes Plaisance
- Expert recommandé par le C.E.S.A.M.

Conseiller :

François ROSE :

- Ingénieur Civil du Génie Maritime
- Capitaine de frégate (H)
- Membre de la Chambre des Experts Fluviaux
- Membre honoraire de la Chambre Nationale des Experts Maritimes Plaisance



Architecture Navale Ingénierie Expertise Rose Reymond

**PONTON MEDCO
Note technique n°3**

-----oooo00000oooo-----

V/Réf. Ponton "MEDCO"

N/Réf. Dossier n° 12116

Suite à la note technique FPO/12/04258 du 6 mai 2013, voici les renseignements complémentaires et modifications effectuées que nous vous faisons parvenir.

ID : LPO 621388Raidisseurs des cloisons de ballast

- Épaisseur de la gorge de soudure entre les raidisseurs et les cloisons insuffisante.
- ⇒ Épaisseur de la gorge de soudure redimensionnée : $a_c = 3,5\text{mm}$.

Cf plan n° JR-005-ST-DWG-011-REV2 Feuille 1/1.

ID : LPO 621819Renforts au droit des treuils et des pieux

- Force maximale au frein des treuils et leurs connexions à soumettre.
- ⇒ Choix des treuils non effectué par MEDCO. Nous communiquerons les informations relatives aux treuils et à leur connexion au pont dès que nous disposerons du modèle retenu.

ID : LPO 647716Raidisseurs des cloisons de ballast

- Largeur des trous d'homme insuffisante.
- ⇒ Modification de la position des trous d'homme dans les cloisons transversales et de certains raidisseurs pour atteindre la dimension minimale.

Cf plan n° JR-005-ST-DWG-002-REV3 Feuille 1/1.

n° JR-005-ST-DWG-003-REV2 Feuille 1/2.

n° JR-005-ST-DWG-003-REV2 Feuille 2/2.

n° JR-005-ST-DWG-004-REV3 Feuille 1/3.

n° JR-005-ST-DWG-004-REV3 Feuille 2/3.

n° JR-005-ST-DWG-005-REV2 Feuille 1/2.

n° JR-005-ST-DWG-005-REV1 Feuille 2/2.

n° JR-005-ST-DWG-012-REV2 Feuille 1/6.

n° JR-005-ST-DWG-015-REV3 Feuille 3/4.

n° JR-005-ST-DWG-016-REV3 Feuille 1/1.

n° JR-005-ST-DWG-021-REV2 Feuille 1/1.

n° JR-005-ST-DWG-023-REV2 Feuille 2/2.

ID : LPO 648499Efforts horizontaux

- Calcul justificatif des efforts en considérant les hypothèses forfaitaires (vent et courant) sur les surfaces du ponton, ainsi que l'effet de gîte à soumettre.
- ⇒ Des explications concernant la manipulation des pieux sont fournies en annexe n°1, le détail des efforts pris en compte est présenté en annexe n°2.

ID : LPO 647789Cloisons transversales étanches zone de roulage grue

- Détails serre cloison longitudinale à fournir.
- ⇒ Autour de la cloison 5, les lisses des cloisons longitudinales passent de 140 x 8 (dans la zone de roulage) à des plats de 180 x 10 (dans la zone de ballast). Afin d'assurer la continuité de la transmission des efforts, des goussets de 40 x 40 x 8 devront être soudés aux lisses de la zone de roulage grue. Un plan de détail de cette connexion a été réalisé : plan n° JR-005-ST-DWG-004-REV0 Feuille 3/3.
- ⇒ Mise à jour du plan n° JR-005-ST-DWG-004-REV3 Feuille 2/3.
- ⇒ Mise à jour du numéro du plan n° JR-005-ST-DWG-004-REV3 Feuille 1/3.

ID : LPO 647862Détail structure étrave

- Lisses de cloisons longitudinales à prévoir continues au droit de la cloison d'abordage.
- ⇒ Ajout de goussets de 140 x 140 x 8 dans le prolongement des lisses de cloisons longitudinales dans la zone de roulage grue ; Ajout de goussets de 180 x 180 x 10 dans le prolongement des lisses de cloisons longitudinales dans la zone de ballast.

Cf plan n° JR-005-ST-DWG-014-REV4 Feuille 1/1.

ID : LPO 648383Soudure boîtes à réa

- Détail des connexions des boîtes à réa avec le pont à soumettre.
- ⇒ Afin de ne pas considérer la tôle de fond des réas comme une doublante, la vérification de la résistance des soudures a été faite en ne considérant que les cordons de soudure des goussets des boîtes à réa.
- ⇒ Les soudures des boîtes à réas avec le pont sont du type soudure d'angle continue, et la gorge des cordons de soudure doit être de la même épaisseur que pour la liaison entre les lisses de fond et le bordé (en avant de 0,75L). Soit $a_c = 4 \text{ mm}$.

Cf plan n° JR-005-ST-DWG-011-REV2 Feuille 1/2.

ID : LPO 621780Toiture accès magasin

- Échantillonnage des raidisseurs à fournir.
- ⇒ Le plan n° JR-005-ST-DWG-022-REV2 Feuille 2/2 présente une annotation qui fournit l'échantillonnage des raidisseurs de la toiture d'accès au magasin.

Dans l'espoir que les informations apportées seront suffisantes, je me tiens, Madame, à votre entière disposition.

Fait à Port-de-Bouc, le 14 mai 2013

Marine AUZENDE

ANNEXE N° 1 : Pieux – Fonctionnement, utilisation

- Les pieux sont manipulés grâce à un système de treuil et d'élingues, renvoyées par des réas.
- Les pieux descendent en position basse par gravité. Il n'y a donc pas d'effort d'échouage vertical pour enfoncer les pieux.
- Lorsque les pieux sont en position basse, les élingues ne sont pas sous tension.
- Les treuils sont utilisés pour remonter les pieux.
- Les pieux étant pourvus de trous pour évacuer l'eau. La remontée des pieux se fera à un rythme assez lent pour laisser l'eau s'évacuer par ces trous. Ainsi, la force de traction des treuils sera égale au poids d'un pieu, auquel il convient d'ajouter le rendement des réas et une quantité d'eau négligeable. Un schéma représentatif de cette situation est joint en figure 1.
- Lorsqu'ils sont en position haute, les pieux sont maintenus dans les puits de pieux grâce à des goupilles. Le plan n° JR-005-ST-DWG-012-REV0 Feuille 5/6 détail le dimensionnement des goupilles.

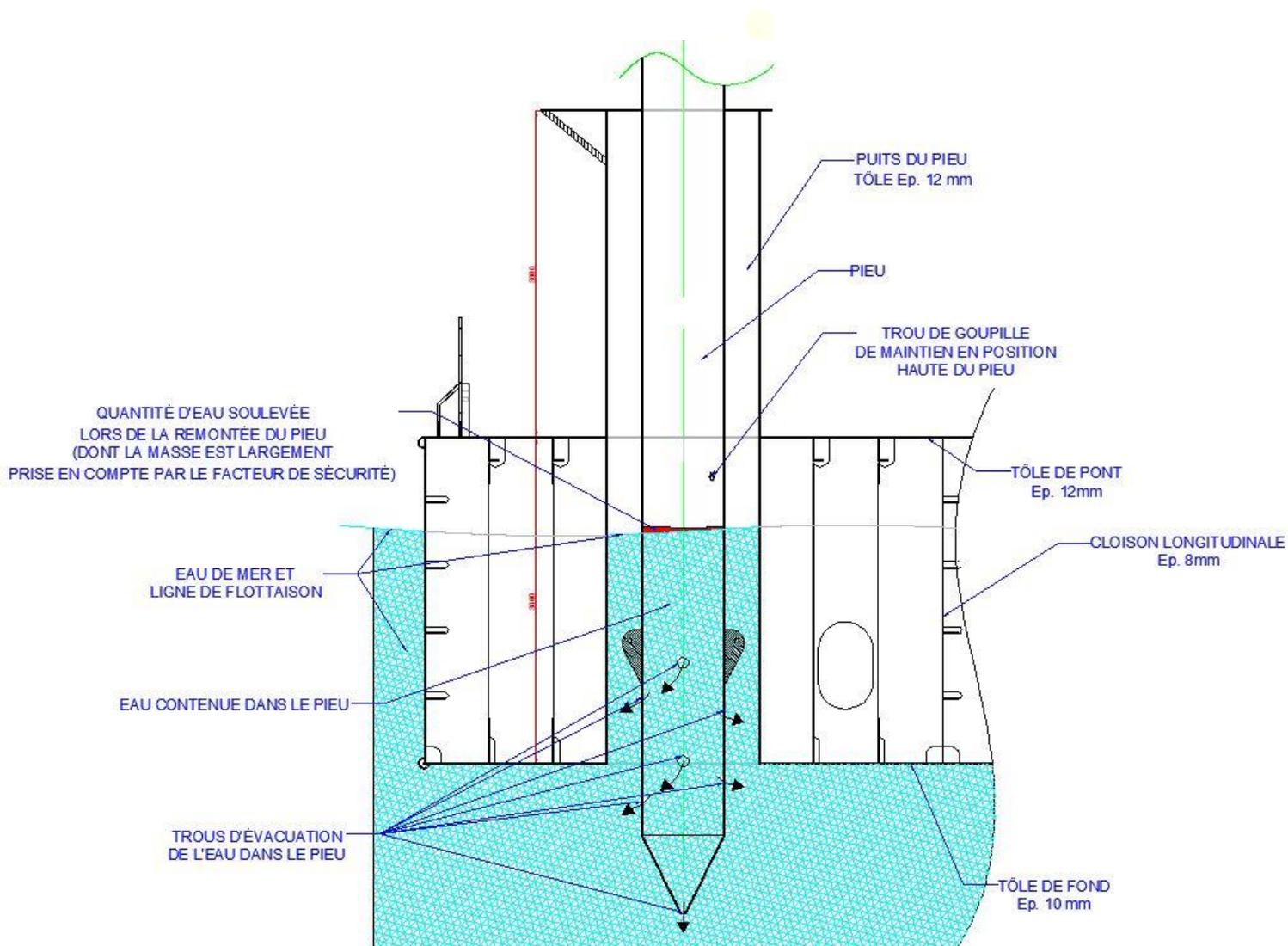


Figure 1

ANNEXE N°2 : Pieux – Efforts horizontaux

Afin d'ajouter un mémorandum pour que l'armateur puisse, en situation de courant supérieur à 1,4m/s, ne pas interrompre les travaux mais mettre la barge dans le sens du courant, les calculs sur les efforts horizontaux sont présentés ici.

Nous considérons la barge dans le sens du courant, et les valeurs de vitesses du courant et du vent fournies par la réglementation NR 500 :

- wind speed of 38 knots (19,6 m/s)
- current speed of 5 knots (2,5 m/s)

1. Efforts horizontaux induits par le courant :

Soit FSLPH la force statique induite par l'application du courant sur les surfaces mouillées du ponton.

$$F_{SLPH} = \frac{1}{2} \rho C_f S_m V^2 10^{-3}$$

Avec :

S_m , la surface mouillée (voir figure 1 ci-dessous),

- $S_m = (37,51 \times 16) + 2 \times (4,25 \times 16) + 2 \times (43,75 \times 2)$, soit $S_m = 901,14 \text{ m}^2$.

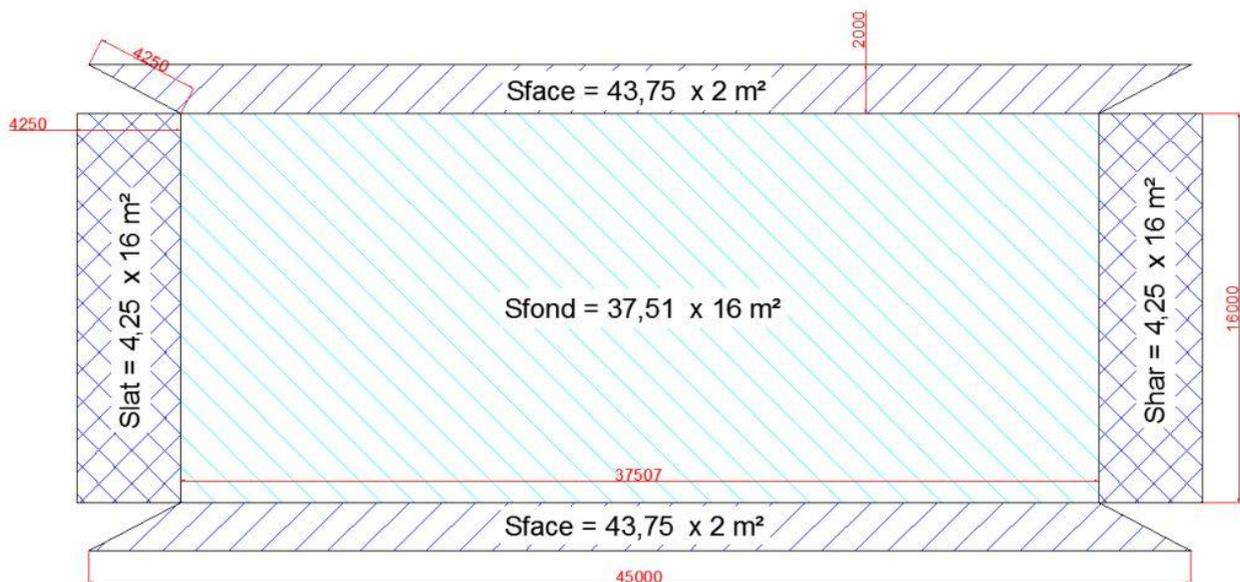


Figure 1

$\rho = 1\,025 \text{ kg / m}^3$, la densité de l'eau de mer,

V la vitesse du courant (ici fixée à 2,5m/s)

C_f un coefficient défini par :

- $C_f = (1 + k) \frac{0,075}{(\log Re - 2)^2}$

- Avec Re le nombre de Reynolds, défini par

$$Re = \frac{V L_{WL}}{1,054 \times 10^{-6}}$$

Avec L_{WL} la largeur de flottaison, ici égale à 45m.¹

On trouve : $Re = 106,7 \times 10^6$

○ k un coefficient, défini par :

$$k = 0,017 + 20 \frac{C_b}{\left(\frac{L_{WL}}{B_{WL}}\right)^2 \times \sqrt{\frac{B_{WL}}{T}}}$$

Avec B_{WL} la longueur de flottaison (ici considérée égale à 16m)²

T le tirant d'eau, ici égal à 2m, et le coefficient $C_b = 0,92$.

On trouve : $K = 0,84$

Alors, $C_f = 0.004$

Ainsi, on trouve $F_{SLPH} = 11,55 \text{ kN}$

2. Efforts horizontaux induits par le vent :

Soit F_{SLPH} la force statique induite par l'application du courant sur les surfaces mouillées du ponton.

$$F_{SH} = \frac{1}{2} \rho (C_{hfr} S_{hfr} + 0,2 S_{har} + 0,02 S_{hlat}) V^2 \cdot 10^{-3}$$

ou

$$F_{SH} = 0,233 (C_{hfr} S_{hfr} + 0,2 S_{har} + 0,02 S_{hlat})$$

Avec :

ρ , la densité de l'air, égale à 1,22 kg/m³,

V la vitesse du vent (ici fixée à 19,6m/s),

S_{hfr} , la surface de face de prise au vent de la coque,

S_{har} , la surface arrière de prise au vent de la coque,

Note : Ici S_{hfr} et S_{har} sont égales et nous prendrons la largeur de 16m du ponton.

- Ici $S_{hfr} = 16 \times 1$, donc $S_{hfr} = 16\text{m}^2$.

S_{hlat} , la surface latérale de prise au vent de la coque,

- Ici $S_{hlat} = 45 \times 1$, donc $S_{hlat} = 45\text{m}^2$.

¹ et ² : L_{WL} et B_{WL} sont ici inversées par rapport au précédent calcul, L_{WL} étant la largeur de 45m, et B_{WL} la longueur de flottaison de 16m.

Note : la figure 2 illustre le calcul de ces surfaces.

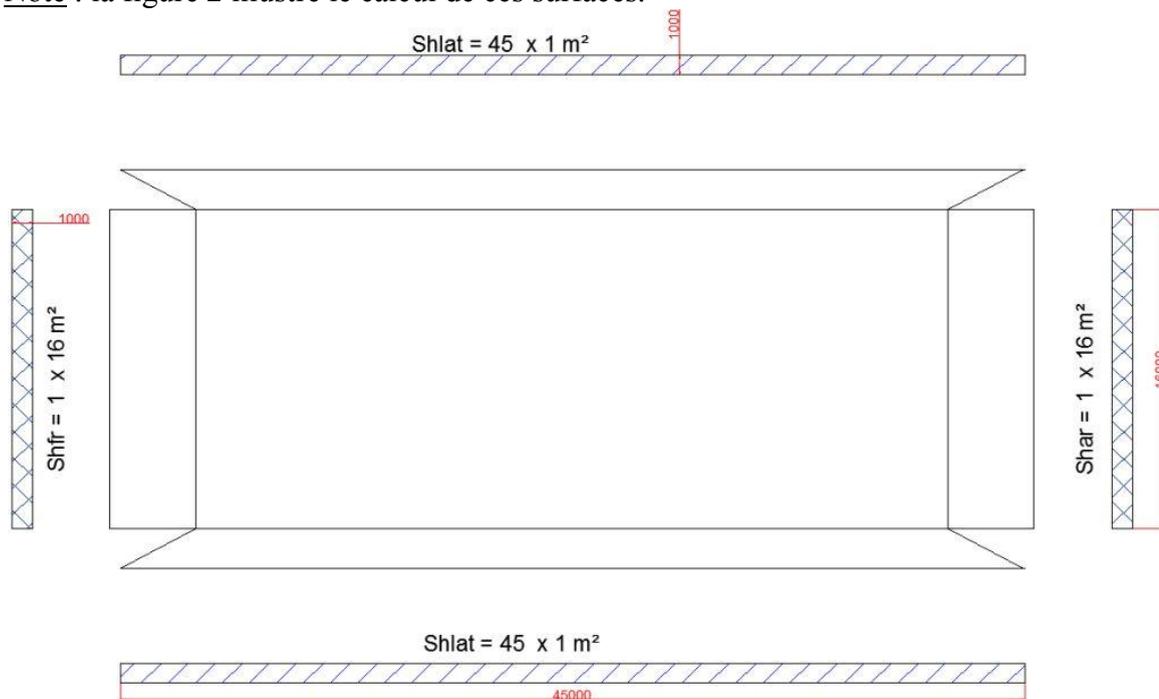


Figure 2

C_{hfr} un coefficient défini tel que $C_{hfr} = 0,8 \sin \alpha$.

- Ici $\alpha = 90^\circ$, donc $C_{hfr} = 0,8$.

Alors,

$$F_{SH} = 0,233 (0,8 \times 16 + 0,2 \times 16 + 0,02 \times 45) = 3,94 \text{ kN}$$

Bibliographie

PAULET D., PRESLES D., 1998. Architecture navale connaissance et pratique, Villette, Librairie Dialogues, Brest, 487 p.

MULLER J. 1977. Formulaire technique de mécanique générale. **PAILLART F.**, Abbeville, 870 p.

DONNÉES ISSUES D'INTERNET

AIMS [en ligne]. Disponible sur : <http://www.strategie-aims.com/> (19 novembre 2012)

ANIE2R [en ligne]. Disponible sur : <https://sites.google.com/site/irlanie2r/> (29 octobre 2012)

APPROXIMATION D'UNE COURBE DE STABILITE DE NAVIRE [en ligne]. Disponible sur : <http://stabnav.fr.gd/> (8 avril 2013)

ARCELOR [en ligne]. Disponible sur : <http://ds.arcelormittal.com/> (18 janvier 2013)

BATEAUX A VOILE [en ligne]. Disponible sur : http://bateauxavoile.free.fr/architecture/logiciels/logiciels_architecture_navale_test_gratuit.html (9 avril 2013)

BORDEAUX ACQUITAINE MARINE [en ligne]. Disponible sur : http://vamarine.free.fr/s_bibl.htm (3 janvier 2013)

BUREAU MAURIC [en ligne]. Disponible sur : <http://www.mauric.com/> (31 octobre 2012)

BUREAU VERITAS. eRules [en ligne]. Disponible sur : <http://erules.veristar.com/dy/app/bootstrap.html> (9 novembre 2012)

CONDITIONS DE STABILITE [en ligne]. Disponible sur : http://eric.collard.free.fr/e_help_v5.fr/z_hydrostat_stab.htm (10 avril 2013)

EMC [en ligne]. Disponible sur : <http://www.entreprise-emcc.fr/liste.html> (31 oc-

tobre 2012)

EXPERTS - YACHT [en ligne]. Disponible sur : http://sans.jean.free.fr/CALCUL_de_STABILITE_1.htm (8 avril 2013)

FIN [en ligne]. Disponible sur : <http://www.industriesnautiques.fr/frameset.asp?langue=fr> (30 octobre 2012)

GESTION DE PROJET [en ligne]. Disponible sur : <http://www.gestiondeprojet.com/> (19 novembre 2012)

GICAN [en ligne]. Disponible sur : <http://www.gican.asso.fr/gican> (30 octobre 2012)

GM - METER [en ligne]. Disponible sur : http://www.gm-meter.com/fr/statique_navire.html (15 avril 2013)

IFAN [en ligne]. Disponible sur : <http://www.ifan.fr/index.php> (29 octobre 2012)

JD [en ligne]. Disponible sur : <http://www.jdahec.com/bateau-dictionnaire-glossaire.html> (6 février 2014)

LEBÉFAUDE [en ligne]. Disponible sur : <http://www.cabinet-lebefaude.com/actu/6-ponton-grue-fluvial-le-coudray-> (31 octobre 2012)

LIEBHERR [en ligne]. Disponible sur : http://www.liebherr.com/MCM/fr-FR/products_mcm.wfw/id-11674-0 (9 novembre 2012)

MACHINERY ZONE [en ligne]. Disponible sur : <http://fr.machineryzone.com/usage/1/grue.html> (12 novembre 2012)

MARINE INNOVATION & TECHNOLOGY [en ligne]. Disponible sur : <http://www.marineitech.com/> (9 novembre 2012)

MER ET MARINE [en ligne]. Disponible sur : <http://www.meretmarine.com/fr/content/voie-deau-sur-un-ponton-grue-devant-brehat> (15 janvier 2013)

METHOD 123 [en ligne]. Disponible sur : <http://www.method123.com/project-management-template-articles.php#!prettyPhoto> (19 novembre 2012)

MINISTERE DE L'ECOLOGIE, DU DEVELOPPEMENT DURABLE ET DE L'ENERGIE [en ligne]. Disponible sur : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/-Transport-maritime,1553-.html> (8 novembre 2012)

NEGRI [en ligne]. Disponible sur : <http://www.negri-france.fr/materiels.html> (5 novembre 2012)

PORTAIL MARITIME WIKIPEDIA [en ligne]. Disponible sur : http://fr.wikipedia.org/wiki/Portail:_Maritime (9 novembre 2012)

RAIDCO [en ligne]. Disponible sur : <http://www.raidco.com/construction/servitude/pa20.php> (31 octobre 2012)

SABROSA - RAIN [en ligne]. Disponible sur : <http://www.sabrosa-rain.com/fr/projects/2011-navy-blue-international-ponton-et-ponton-grue> (5 novembre 2012)

TRACE PARTS [en ligne]. Disponible sur : <http://www.tracepartsonline.net/%28S%2840bzahztstdo14zmxodw3be2%29%29/content.aspx> (20 mai 2013)

Liste des figures

1	Répartition des charges	10
2	Répartition des équipements	24
3	Identification du besoin	36
4	Éléments du milieu extérieur du ponton-grue	37
5	Fonctions principales et contraintes de la phase d'utilisation normale	38
6	Organisation de la réalisation d'un projet d'architecture navale classique	44
7	Phases générales du projet	46
8	Décomposition de l'avant projet - études et livrables	46
9	Décomposition de l'avant projet - validation	47
10	Décomposition du projet - études et livrables	47
11	Planning de l'avant projet	51
12	Planning du projet	52
13	Calcul des bénéfices	53
14	Montant des bénéfices en cas de retard	55
15	Positionnement des cloisons	59
16	Inclinaison maximale de la grue	66
17	Situation défavorable pour les pieux	68
18	Puits et son pieu	69
19	Lisses autour des puits de pieux	69
20	Principe de manipulation des pieux	71
21	Position des réas sur une coupe transversale	72
22	Position des réas sur une coupe longitudinale	72
23	Position des réas sur une vue plan	73

24	Répartition des masses	80
25	Navire en flottaison droite	83
26	Navire incliné	84
27	Courbe des bras de levier de redressement	84
28	Critères réglementaires	85
29	Agrandissement des critères réglementaires	86
30	Stabilité pendant la manutention de la charge	87
31	Surface de fardage	88
32	Déroulement de la validation	93
33	Éléments structurels	100
34	Structure aménagée autour des puits	100
35	Position des principaux équipements - extérieur	101
36	Position des principaux équipements - intérieur	101
37	Garde-corps	103
38	Porte étanche	103
39	Anneau de saisissage	103
40	Sabots	104
41	Déroulement du projet	109
42	Montant des bénéfices réels	111

Liste des tableaux

III	Acteurs du projet	7
IV	Estimation de la durée des tâches	9
V	Estimation des charges	10
VI	Considérations techniques initiales	12
VII	Évaluation des risques	16
VIII	Fonctions de service pour la phase d'utilisation normale	39
IX	Solutions techniques identifiées	40
X	Tâches à réaliser	45
XI	Durée des tâches	48
XII	Étapes de validation des jalons et des livrables	50
XIII	Échantillonnage retenu	61
XIV	Données pour le calcul de la masse des pieux	71
XV	Forces appliquées aux réas.	73
XVI	Devis de poids du ponton léger	78
XVII	Devis de poids récapitulatif d'un des cas étudié.	80
XVIII	Éléments présents pour chaque cas d'étude	82
XIX	Critères règlementaires, Cas A	89
XX	Critères règlementaires et complémentaires, Cas B-2	90
XXI	Bilan de la durée des tâches.	107

Étude d'un projet de conception d'un ponton-grue. Mémoire d'Ingénieur C.N.A.M ,
Centre régional P.A.C.A. d'Aix en Provence.

RÉSUMÉ

Le projet technique comprend l'ensemble des travaux d'ingénierie et d'architecture navale qui mènent à la conception d'un navire aux caractéristiques spécifiques. L'encadrement par les phases de cadrage et de capitalisation a permis d'optimiser la réalisation.

Les études et démarches précédant la phase de réalisation apportent une connaissance approfondie de tous les aspects liés au projet et permettent d'encadrer la conception du produit. La capitalisation établit le bilan du travail accompli et des possibilités d'amélioration, ainsi que les bénéfices pour l'entreprise. Outre les enjeux financiers, la réalisation de ce projet a apporté à l'entreprise l'expérience qui lui permettra d'accéder au marché des études de conception de bateaux de service qui est très prometteur.

Mots clés : conception, ingénierie, architecture navale, ponton-grue, gestion de projet, stabilité.

SUMMARY

The project includes the whole engineering and naval architecture works, leading to the design of a ship with specific features. The project framework, built up through the stages of planning and capitalisation, enables to optimize the technical realisation.

Studies and approaches, preceding the execution stage bring us a complete knowledge of all aspects of the project. They provide a frame for the product design. The capitalisation stage sums up a report on achievements, opportunities for improvement as well as on benefits for the company. In addition to financial parts at stake, the execution of this project has provided the company the necessary experience to access a very promising market : the market of workboat design.

Keywords : design, engineering, naval architecture, crane barge, project management, stability.