

## Compte Rendu Phase 4

**Réalisation des études, des plans et des documents nécessaires à la construction du futur navire**

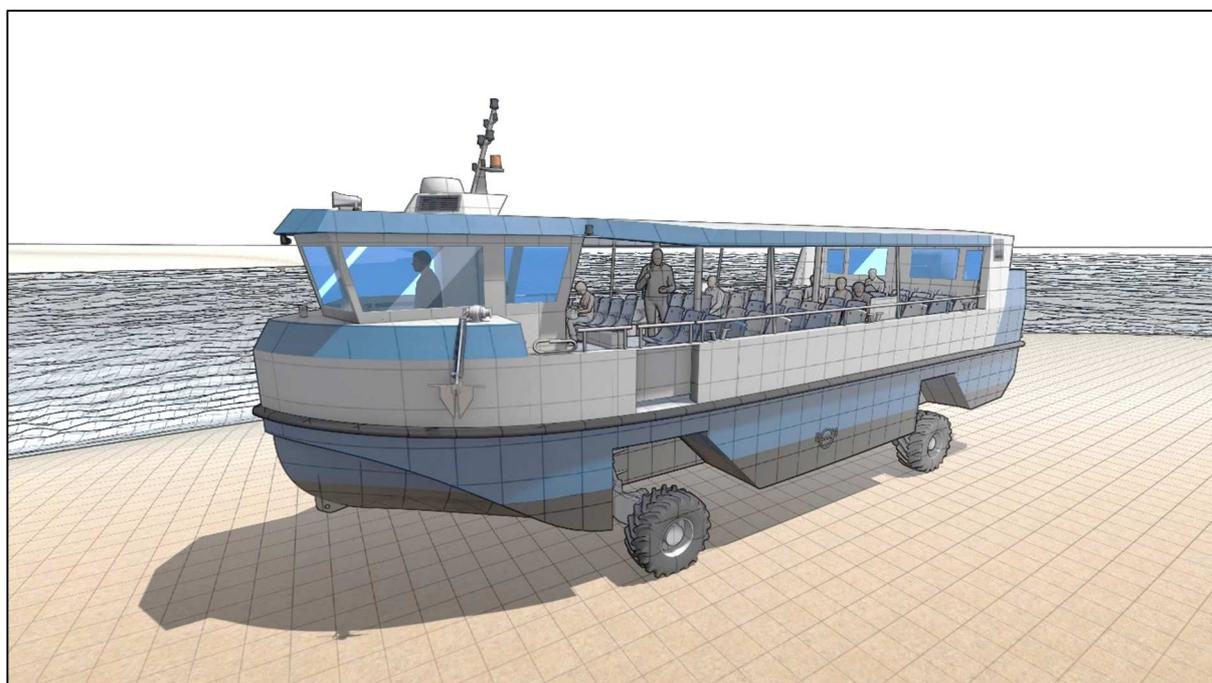


Figure 1 Elévation du navire Tatihou III

**Département de la Manche**



## Table des matières

1. OBJET DU DOCUMENT .....	4
2. PREAMBULE .....	4
3. RESUME DES PHASES PRECEDENTES .....	4
3.1. Phase 1 : Réalisation d'un relevé technique du Tatihou II.....	4
3.2. Phase 2 : Evaluation du coût de la construction du futur navire .....	5
3.3. Phase 3 : Evaluation du coût des modifications du Tatihou II .....	5
4. CONCEPTION DU TATIHOU III.....	6
4.1. Visuels du navire .....	6
4.2. Amélioration de la carène du Tatihou II.....	8
A : Augmentation du creux du navire.....	8
B : Réduction de l'angle d'étrave. ....	9
C : Modification des formes des passages de roue. ....	10
D : Modification de la forme du tableau arrière. ....	10
4.3. Réduction du bruit à bord du Tatihou III .....	11
4.3.1. Modification du système de ventilation et refroidissement.....	11
4.3.2. Modification des équipements bruyants .....	12
4.3.3. Isolation phonique de la coque. ....	13
4.4. Amélioration de la visibilité depuis le navire. ....	13
4.4.1. Amélioration de la visibilité pour l'équipage. ....	13
4.4.2. Amélioration de la visibilité pour les passagers .....	15
4.5. Amélioration du confort à bord .....	16
4.5.1. Choix des pneus basse pression .....	16
4.5.2. Modification des sièges.....	16
4.5.3. Protection contre les intempéries.....	16
4.6. Réseau incendie.....	17
4.7. Positionnement des passagers.....	17
4.8. Amarrage du navire .....	18
5. STRUCTURE DU TATIHOU III .....	18
5.1. Structure coque aluminium .....	19
5.1.1. Tôles.....	19
5.1.2. Raidisseurs.....	22
5.2. Superstructure en composite.....	23
5.2.1. Le matériau .....	23

5.2.2.	Éléments de la superstructure en composite .....	23
<b>5.3.</b>	<b>Jonction entre le composite et l'aluminium .....</b>	<b>25</b>
<b>6.</b>	<b>RENDU GRAPHIQUE DU TATIHOU III.....</b>	<b>25</b>

## TABLE DES FIGURES

FIGURE 1	ELEVATION DU NAVIRE TATIHOU III	1
FIGURE 2	SIMULATION DU CHAMP DE VAGUE DE LA CARENE DU TATIHOU 3 A 8KNT VUE DE ¾	8
FIGURE 3	VUE DE PROFIL DU NAVIRE AVEC LA CALLE EN TRANSPARENCE	9
FIGURE 4	VUE ISO DU NAVIRE AVEC LA CALLE EN TRANSPARENCE	9
FIGURE 5	SCHEMA DE PRINCIPE DE LA VENTILATION DU COMPARTIMENT MACHINE	11
FIGURE 6	VUE EN COUPE DU COMPARTIMENT ARRIERE DU NAVIRE	11
FIGURE 7	PRINCIPE GENERAL DE LA VENTILATION DU TATIHOU III	12
FIGURE 8	CHAMPS DE VISION DEPUIS LA TIMONERIE	14
FIGURE 9	VUE DE LA CAMERA SUR LA PLAGE ARRIERE	15
FIGURE 10	VUE DEPUIS LA DERNIERE RANGEE DU TATIHOU	15
FIGURE 11	VUE DE LA TOILE DE PROTECTION (EN ROUGE)	16
FIGURE 12	PRINCIPE DU SYSTEME DE LUTTE CONTRE L'INCENDIE	17
FIGURE 13	AMENAGEMENT DU PONT DU NAVIRE (64PAX).	18
FIGURE 14	PLAN D'AMARRAGE TATIHOU III.	18
FIGURE 15	VUE DU DESSOUS DES EPAISSEURS DE TOLE	20
FIGURE 16	VUE DU DESSUS DES EPAISSEURS DE TOLE	20
FIGURE 17	VUE DE PROFIL DES EPAISSEURS DE TOLE	20
FIGURE 18	VUE DE FACE DES EPAISSEURS DE TOLE	21
FIGURE 19	VUE DE DERRIERE DES TOLES	21
FIGURE 20	VUE ISO DES EPAISSEURS DE CLOISONS	22

## TABLE DES TABLEAUX

TABLEAU 1	RECAPITULATIF DES BUDGETS ESTIMES PAR POSTE POUR LA TATIHOU III	5
TABLEAU 2	RECAPITULATIF DES BUDGETS ESTIMES PAR POSTE POUR LE TATIHOU II	5

Approbation			
	Nom et fonction	Signature	Date
Ecrit par	MATTHIEU COLIN – ARCHITECTE NAVAL		14/12/2020
Vérifié par	MAXIME PACHOT- RESPONSABLE TECHNIQUE		
Approuvé par			

REV.	MODIFICATIONS PRINCIPALES	DATE
A	Version Initiale	02/11/2020

B	Version Modifiée	02/11/2020
C	Version consolidée	14/12/2020
D	Transmission Client	13/01/2021

## 1. Objet du document

---

L'objectif de ce rapport est de décrire les résultats de l'étude menée lors de la phase 4 du projet Tatihou et d'exposer et justifier les différents choix pris par le concepteur pour la conception du *Tatihou III*.

La phase 4 a pour but de préparer les documents nécessaires à la consultation des entreprises pour la construction du *Tatihou III*.

## 2. Préambule

---

Les données contenues dans ce document résultent d'une étude en cours et pourront être amenés à être modifier. Les différents principes de conception présentés dans ce document feront l'objet d'une validation pour figer certains paramètres.

## 3. Résumé des phases précédentes

---

### 3.1. Phase 1 : Réalisation d'un relevé technique du Tatihou II

La phase 1 à permis d'étudier en détail le navire Tatihou II pour venir définir le programme du Tatihou III. Les points suivants ont été définis comme des points faibles à améliorer sur le Tatihou III :

- Amélioration du confort du passager
- Réduction du niveau de bruit du navire
- Amélioration de la structure des roues du navire
- Augmentation de la capacité du navire
- Amélioration de l'agencement de la salle machine pour les opérations de maintenance
- Amélioration de la sécurité à bord et autour du navire

### 3.2. Phase 2 : Evaluation du coût de la construction du futur navire

La phase 2 a permis de définir les grands choix architecturaux pris pour le Navire Tatihou III. Les éléments de cette conception ont été envoyés à des fournisseurs et chantiers pour chiffrage. Vous trouverez dans le tableau suivant les résultats de cette consultation permettant d'avoir un coût estimatif global du projet. Il est rappelé que ces coûts sont donnés à titre informatif, les propositions financières des chantiers lors de la phase d'appel d'offre peuvent varier.

Tableau 1 Récapitulatif des budgets estimés par poste pour la Tatihou III

Construction Tatihou III	
Construction coque + timonerie	550 000 €
Equipements hydrauliques	150 000 €
Motorisation	46 000 €
Equipements de pont	5 000 €
Equipements timonerie	10 000 €
Equipements divers	10 000 €
Refroidissement	16 000 €
Isolation	10 000 €
Livraison et mise en service	53 000€
Budget estimatif total des postes étudiés (HT)	850 000 €

### 3.3. Phase 3 : Evaluation du coût des modifications du Tatihou II

L'objectif de la phase 3 était d'estimer le coût des évolutions du Tatihou III transposables au Tatihou II. Ces évolutions seront étudiées en détails lors de la phase 5.

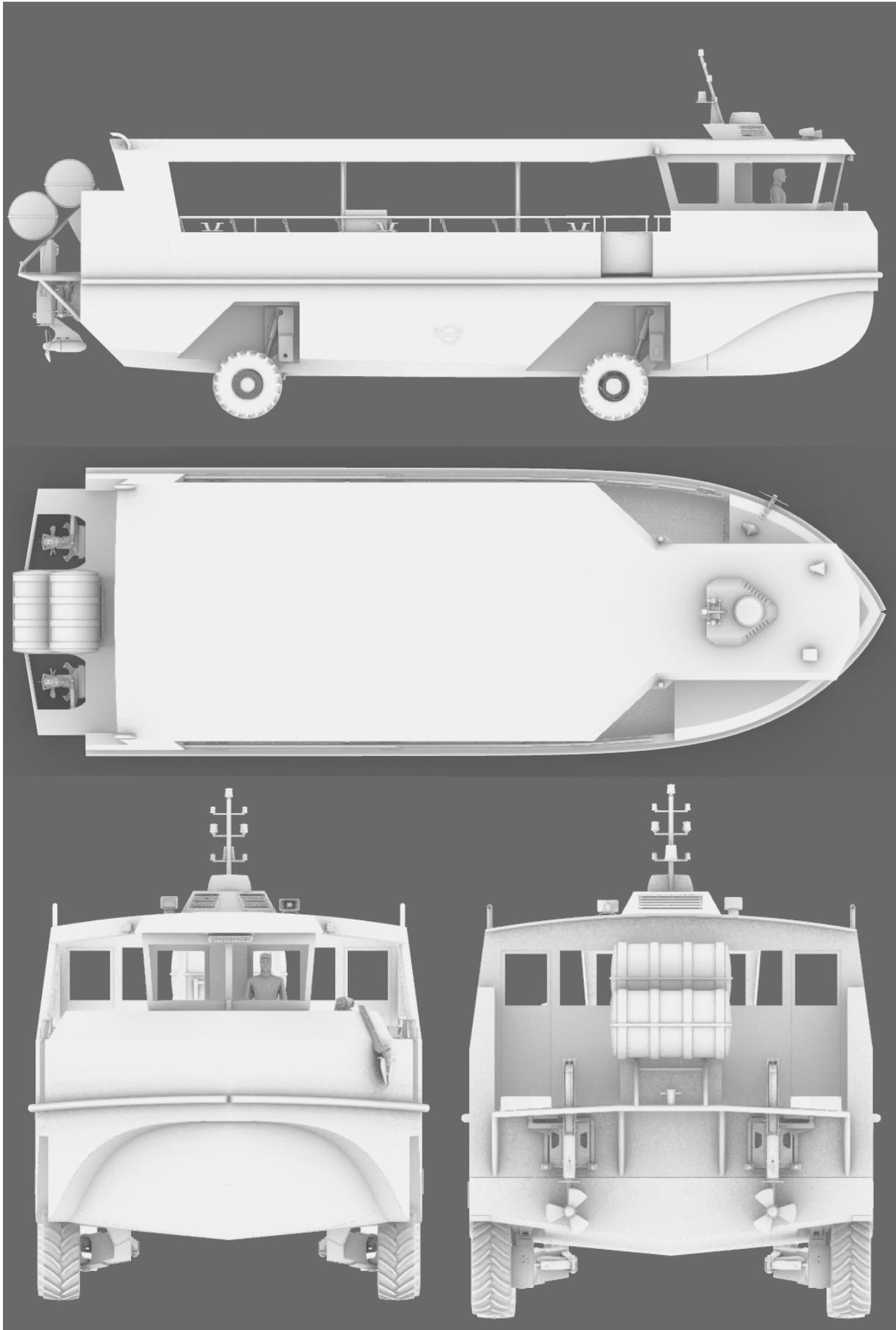
Tableau 2 Récapitulatif des budgets estimés par poste pour le Tatihou II

Modification Tatihou II	
Déconstruction superstructure	20 000 €
Supports aluminium superstructure	30 000 €
Modifications hydrauliques	36 000 €
Superstructures composites	80 000 €
Isolation	30 000 €
Modifications pont passagers	7 000 €
Modification refroidissement	16 000 €
Modification équipements timonerie	10 000 €
Transport 0,80€/km	
Budget estimatif total	229 000 €

## 4. Conception du Tatihou III

---

### 4.1. Visuels du navire



## 4.2. Amélioration de la carène du Tatihou II

Les premières formes de carène du navire Tatihou III ont été validées au cours de la phase 2 du projet. Un travail d'optimisation a été réalisé autour de cette carène lors de la phase 4. A ce jour la forme de coque du Tatihou III est figée. Le but de ces améliorations est de réduire la résistance à l'avancement du navire et de mieux protéger les passagers des vagues avec un bouchain déflecteur.

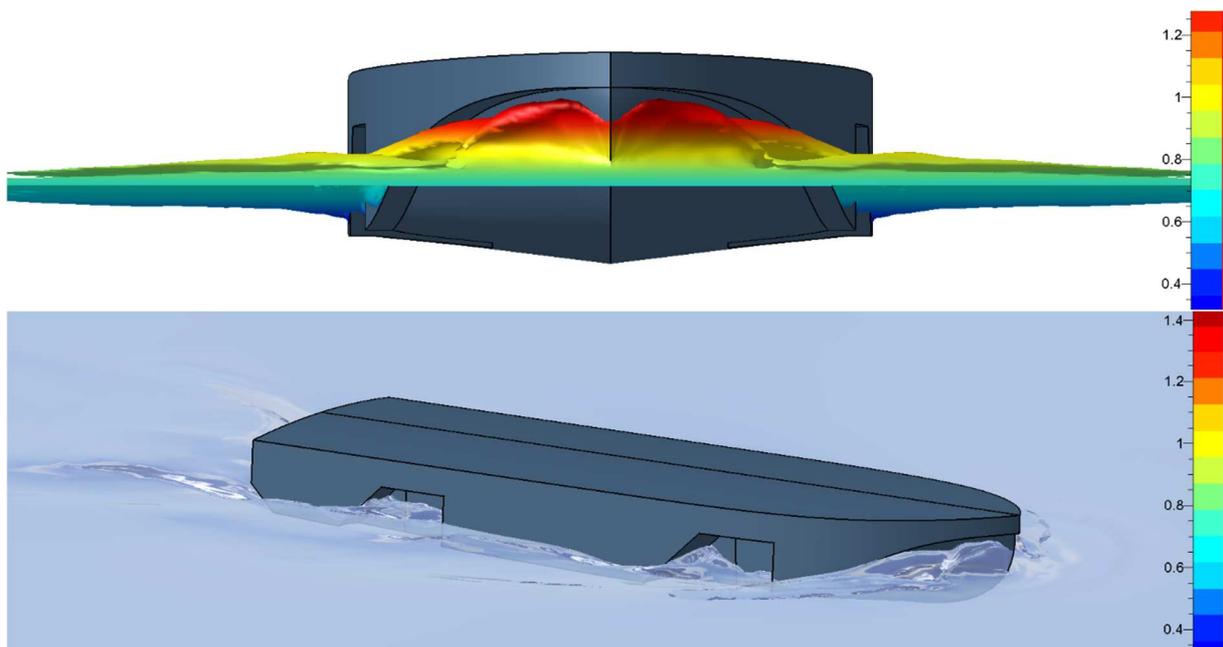


Figure 2 Simulation du champ de vague de la carène du Tatihou 3 à 8knt vue de ¾

### A : Augmentation du creux du navire.

Le creux du navire a été augmenté de 200mm par rapport au Tatihou II.

#### Avantage :

- Augmenter la hauteur disponible dans la salle machine pour la maintenance.
- Augmentation du volume du flotteur avantageuse pour la stabilité.
- Augmenter le volume général des compartiments ce qui permet d'y intégrer plus d'équipements, notamment les radiateurs moteurs.
- Mieux protéger les passagers des embruns des vagues

#### Inconvénients :

- Augmentation de la masse du navire. Cette masse supplémentaire est environ égale à 200kg
- Position plus haute des passagers ce qui augmente les accélérations subis lors des mouvements du navire.
- Augmentation de la hauteur du centre de gravité du navire ce qui nuit à la stabilité.
- Augmentation de la hauteur par rapport au quai, une modification de l'emplacement des barrières sur la calle de Saint Vaast pourrait être à prévoir.
- L'augmentation du creux a pour conséquence d'alourdir visuellement le navire.

Une simulation 3D de l'arrivée du navire à la calle a permis d'obtenir les images suivantes. On remarque que même lorsque les roues avant sont relevées au maximum, l'étrave ne touche pas la calle. Cette simulation ne prend pas en compte l'écrasement des pneus qui pourrait amener le navire à être plus bas.

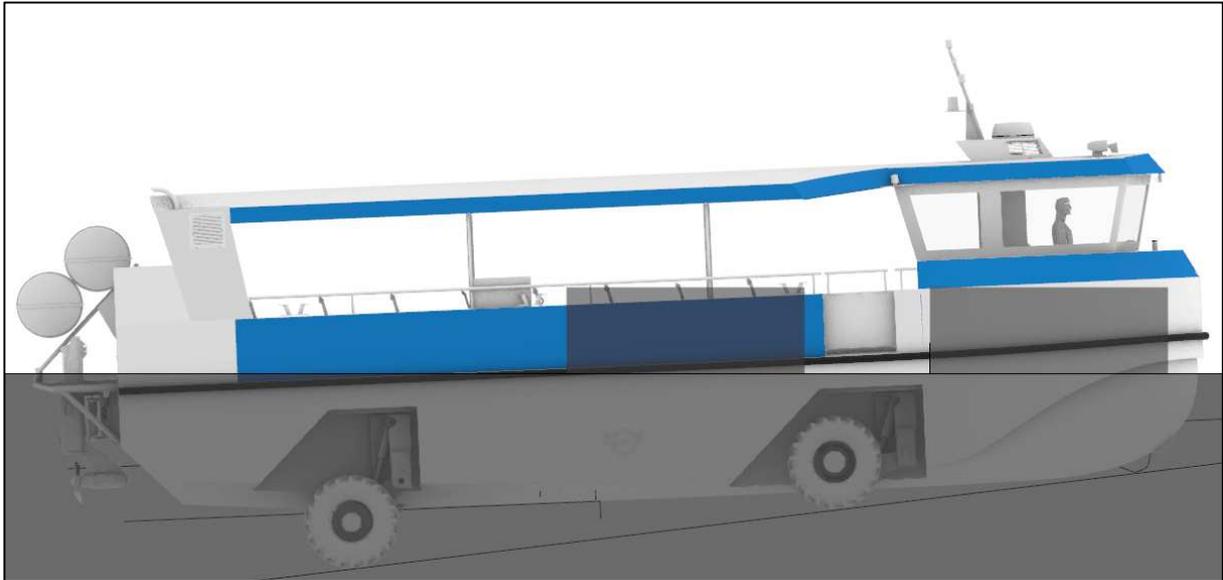


Figure 3 Vue de profil du navire avec la calle en transparence



Figure 4 Vue iso du navire avec la calle en transparence

### **B : Réduction de l'angle d'étrave.**

L'étrave a été affinée par rapport à la première version de la carène.

#### **Avantage :**

- Réduire la résistance à l'avancement du navire et donc sa consommation de carburant.
- Limiter la masse d'eau soulevée par l'étrave qui pourrait finir sur le pont du navire.
- Affiner la ligne générale de la proue du navire.
- Meilleures tenues à la mer

**Inconvénients :**

- Recule du centre de carène du navire ce qui impliquera une légère assiette sur l'avant lors ce que le navire sera lège
- Manœuvrabilité légèrement réduite.
- Le navire enfournera plus loin dans la houle ce qui augmentera son impact sur le bordé.

**C : Modification des formes des passages de roue.**

Plusieurs versions ont été étudiées pour la forme du passage de roue. Le critère principal de sélection est le coût de construction.

**Avantage :**

- Réduire la résistance à l'avancement du navire et donc sa consommation de carburant.
- Eviter que des corps étrangers ne viennent se coincer dans les passages de roue.
- Amélioration de la stabilité
- Coût de construction faible pour la solution envisagée.

**Inconvénients :**

- Structure plus complexe autour des passages de roue.

**D : Modification de la forme du tableau arrière.**

Le tableau arrière a été découpé par un plan à 45° à sa jonction avec le fond du navire.

**Avantage :**

- Rigidifier la structure générale de l'arrière du navire.
- Optimiser le positionnement des propulseurs
- Amélioration de la stabilité

**Inconvénients :**

- Coût de construction plus élevé.
- Réduction du volume du compartiment arrière.

### 4.3. Réduction du bruit à bord du Tatihou III

#### 4.3.1. Modification du système de ventilation et refroidissement

Dans le but de réduire drastiquement le bruit émis par les différents systèmes de ventilation, tout le système de refroidissement a été repensé. Vous trouverez ci-dessous un schéma de principe de fonctionnement de la ventilation.

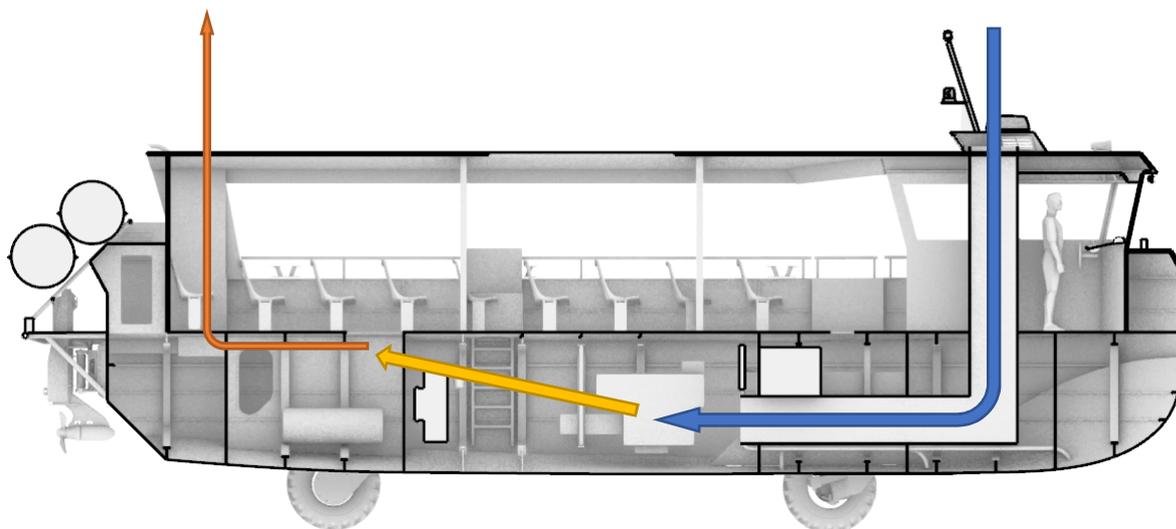


Figure 5 Schéma de principe de la ventilation du compartiment machine

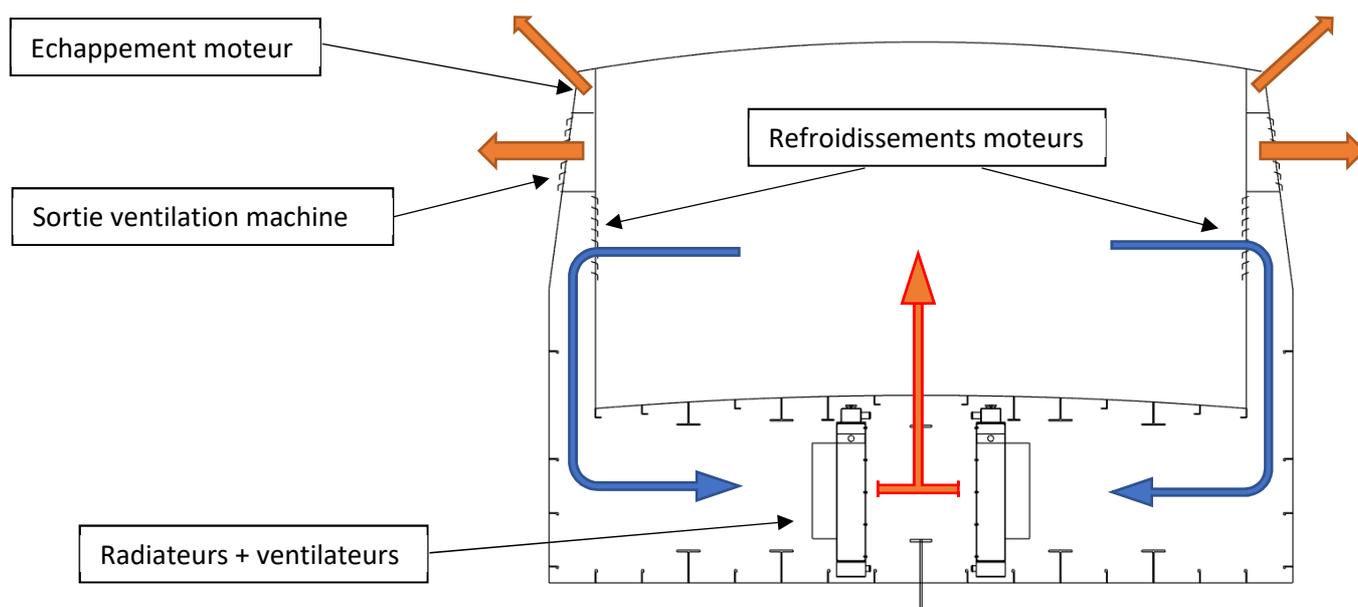


Figure 6 Vue en coupe du compartiment arrière du navire

La solution préconisée est d'installer les radiateurs de refroidissement moteur dans le compartiment arrière.

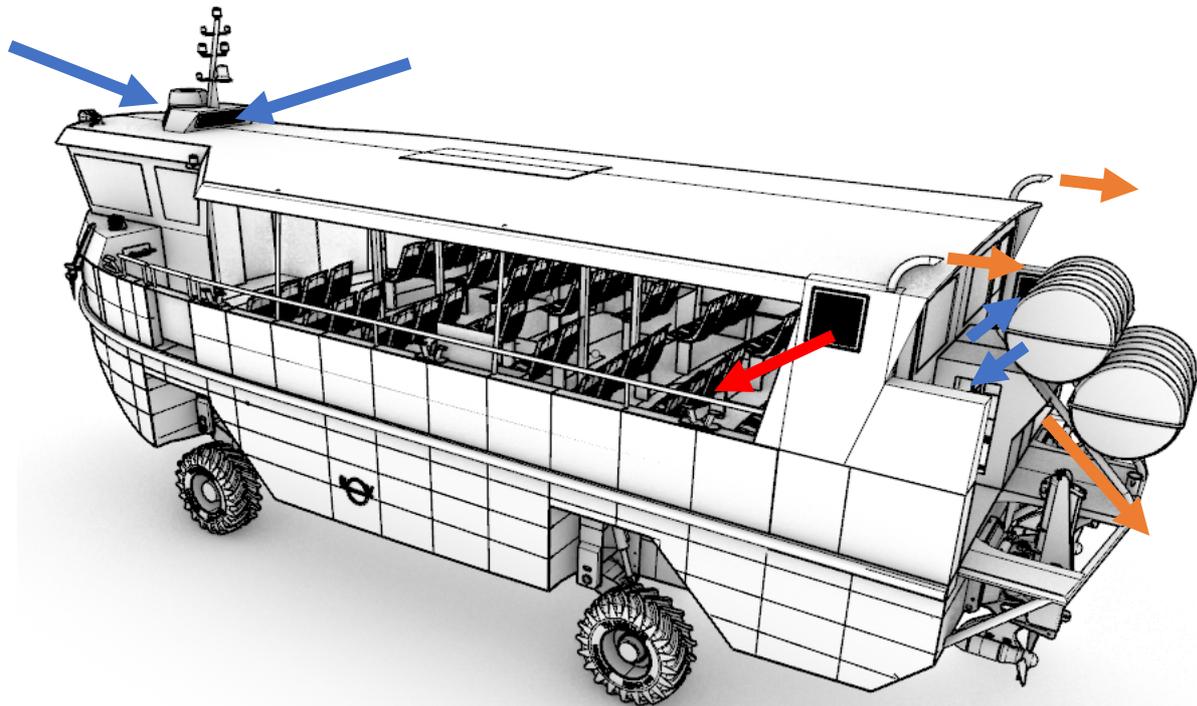


Figure 7 Principe général de la ventilation du Tatihou III

**Avantage :**

- Réduction du bruit.
- Limite l'exposition des radiateurs au milieu extérieur.
- Limite les risques de chocs dues à l'exploitation.
- Dégage de l'espace sur le pont arrière.

**Inconvénients :**

- Nécessite la création d'une trappe boulonnée dans le pont pour la pose et dépose des radiateurs
- Maintenance des radiateurs plus complexe.
- Peu nécessiter d'inverser le sens de rotation des radiateurs par un switch pour éviter qu'un moteur ne chauffe plus que l'autre.

#### 4.3.2. Modification des équipements bruyants

Les différents équipements du Tatihou III ont été choisis pour émettre le moins de bruit possible. Les améliorations des équipements qui sont repris du Tatihou II permet de les rendre moins bruyant également. Seuls les deux moteurs de propulsion sont identiques et génèrent un bruit important. Le niveau sonore des moteurs est de 109db à plein régime.

#### 4.3.3. Isolation phonique de la coque.

Pour augmenter encore la réduction en bruit du Tatihou III une solution d'isolation thermique et phonique a été étudiée. Celle-ci consiste à isoler le compartiment machine ainsi que la surface du pont. Le principe de d'isolation est le suivant :

##### **SALLE DES MACHINES - PLAFOND/BORDES - 16.5 kg/m<sup>2</sup> S 50m<sup>2</sup>**

Aiguilles thermo-soudés diam. 3 mm lg.115 mm.

FireMaster épaisseur 50 mm sur les tôles planes.

Masse lourde 4kg/m<sup>2</sup> sur les tôles planes.

SL620 épaisseur 40 mm sur les tôles planes.

FireMaster épaisseur 50 mm sur les renforts.

Un pare vapeur sera disposé sur la réalisation.

La reprise se fera par adhésif de même nature.

Revêtement tôle perforée alu viendra en finition.

##### **ZONE PASSAGER - SOL - 5.5kg/m<sup>2</sup> S 49m<sup>2</sup>**

Regupol 480 x 10 mm

Maintien au sol avec colle de type polymère.

Ces deux solutions ont l'avantage d'être très performante pour la réduction du bruit mais sont des solutions qui vont alourdir le navire.

#### 4.4. Amélioration de la visibilité depuis le navire.

Un des grands facteurs de conception a été l'amélioration de la visibilité depuis le navire. Ces améliorations permettent de faciliter les manœuvres de l'équipage et pouvoir manœuvrer le navire plus en sécurité. Pour les passagers le champ de vision depuis les places assises permettra de mieux apprécier le paysage.

##### 4.4.1. Amélioration de la visibilité pour l'équipage.

Le positionnement avancé de la timonerie permet d'améliorer la visibilité sur l'avant et ainsi permettre de mieux anticiper les différents trous et obstacle présent sur le chemin de Tatihou.

La mise en place d'un système de caméra permettra notamment d'avoir une vision dégagée à 180° sur la zone arrière.



Figure 8 Champs de vision depuis la timonerie

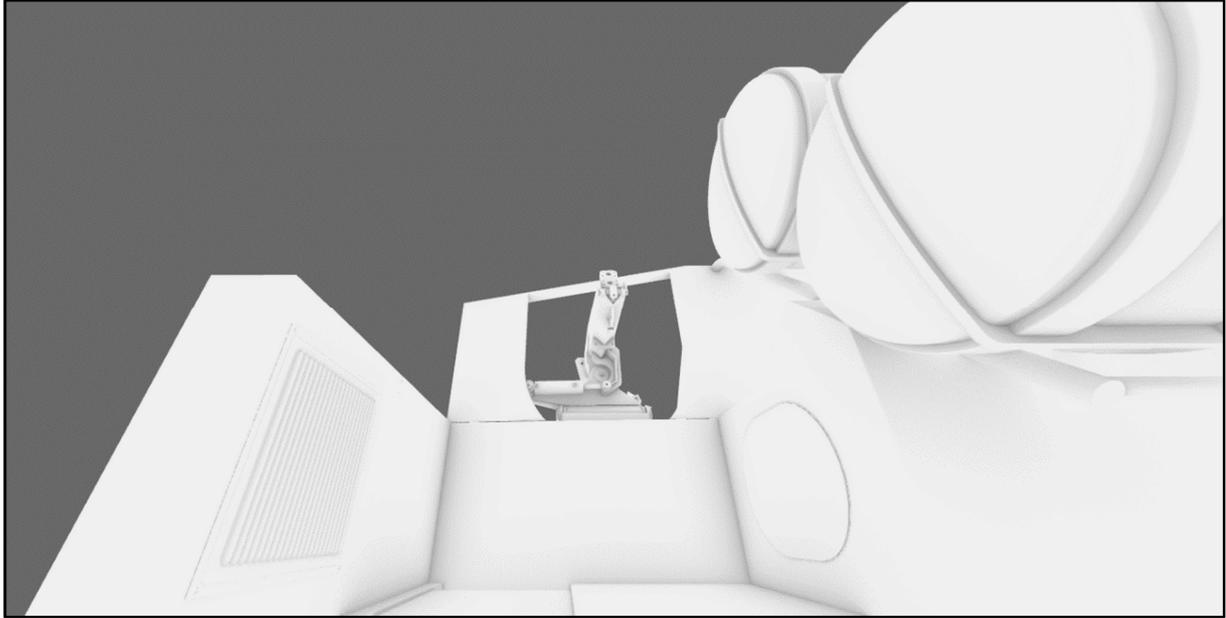


Figure 9 Vue de la caméra sur la plage arrière

#### 4.4.2. Amélioration de la visibilité pour les passagers

Dans le but d'améliorer la vue des passagers vers l'extérieur, le taille des montants du toit a été réduite au maximum. Cette réduction a été permise par la construction en composite du toit qui le rend plus léger ainsi que par la modification du système de ventilation qui passe par l'avant et l'arrière du navire.



Figure 10 Vue depuis la dernière rangée du Tatihou

## 4.5. Amélioration du confort à bord

### 4.5.1. Choix des pneus basse pression

Un nouveau type de pneu sera utilisé sur le Tatihou III. Les pneus basses pression permettent de mieux amortir les défauts du terrain. Ce type de pneu permettra également de laisser une empreinte moins importante sur le chemin. L'autre avantage des pneus Alliance basse pression est d'avoir une ceinture d'acier qui les rendent plus résistants.

### 4.5.2. Modification des sièges

Le système de banc actuel du Tatihou II sera modifié pour mettre en place des fauteuils individuels. Ces fauteuils seront plus confortables que les bancs et pourront également être teintés pour améliorer leur aspect visuel.

### 4.5.3. Protection contre les intempéries

Un système de protection souple permettra de protéger les passagers en cas d'intempéries. Ce système composé de toile en plastique transparente pourra être roulé ou déroulé selon le besoin. Cette toile viendra se loger au niveau du toit une fois roulée et sera fixée au garde-corps quand elle sera déroulée.

Cette solution offre une bonne protection latérale. Le même système est possible pour une protection frontale, cependant, celui-ci sera plus compliqué à mettre en place.

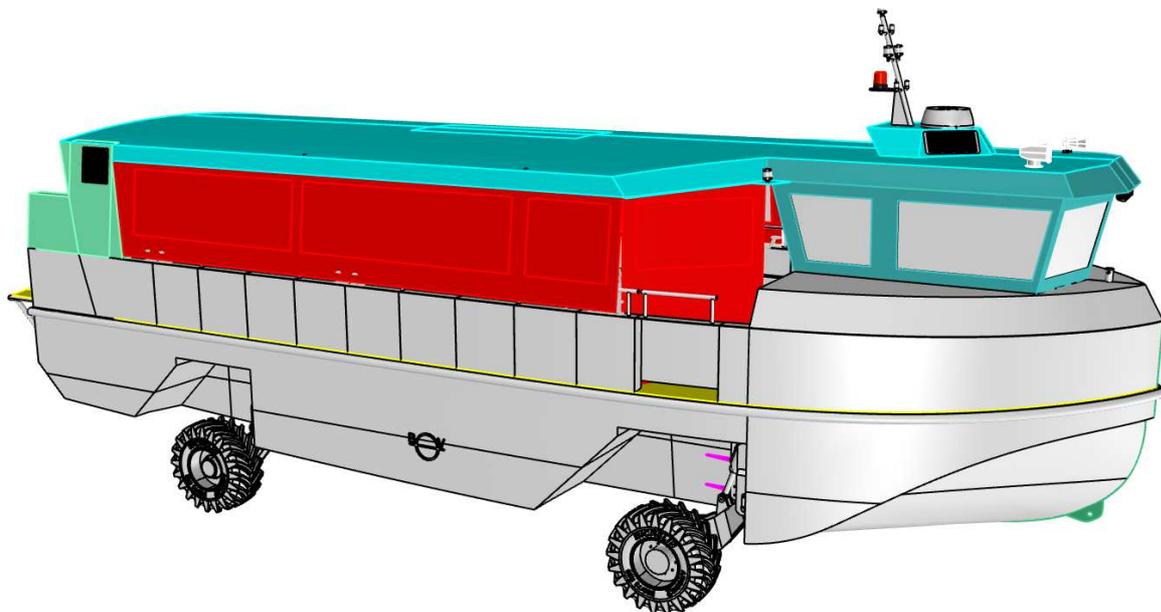


Figure 11 Vue de la toile de protection (en rouge)

#### 4.6. Réseau incendie

Les dispositions relatives à la protection incendie regroupent les systèmes suivants :

- 3 clapets coupe-feu avec fermeture automatique et manuelle.
- Système d'extinction NOVEC dans le compartiment machine avec dispersion par buse sur la bouteille. Déclanchement automatique ou manuel.
- Pompe incendie hydraulique.
- Tirette de fermeture des circuits combustibles.

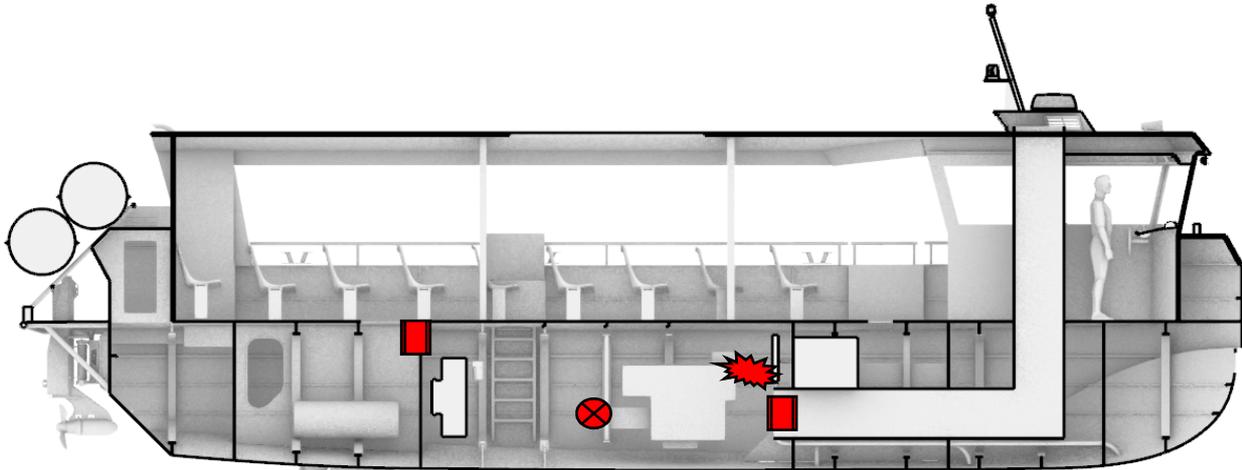


Figure 12 Principe du système de lutte contre l'incendie

-  - Clapets coupe feu
-  - Pompe incendie
-  - Système d'extinction NOVEC

#### 4.7. Positionnement des passagers

Le positionnement des sièges a été revu par rapport à la première version. L'aménagement proposé permettrait l'installation de 64 sièges passagers. Un emplacement PMR est réservé à l'arrière de la timonerie.

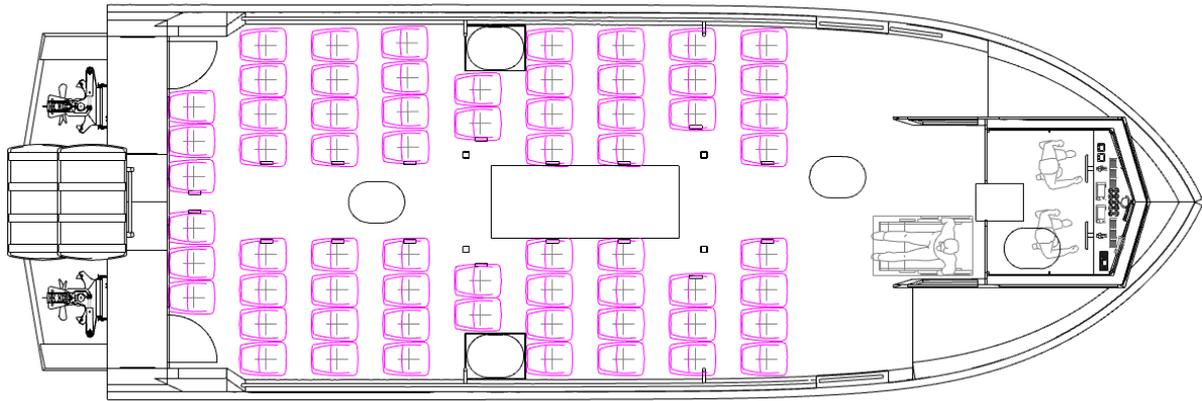


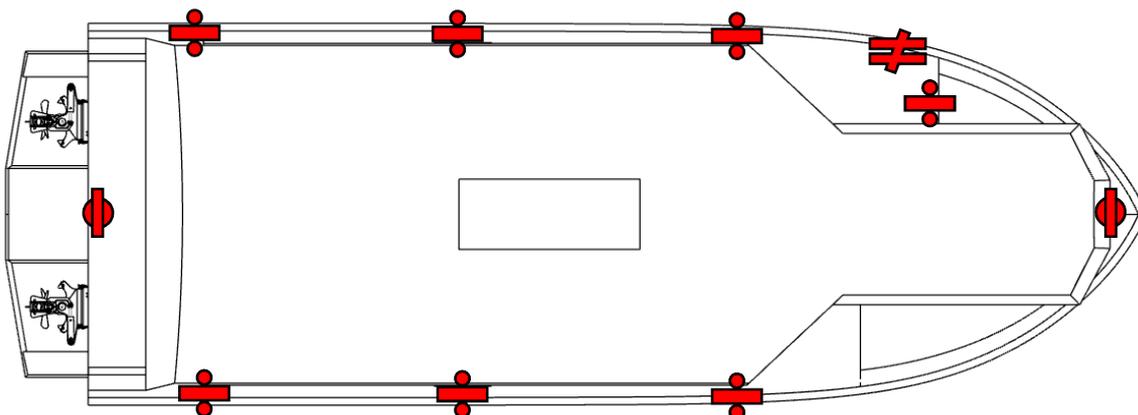
Figure 13 Aménagement du pont du navire (64pax).

#### 4.8. Amarrage du navire

La proposition d'un plan d'amarrage asymétrique a été retenue oralement lors de la réunion de lancement de la phase 4. Ce plan d'amarrage permet d'adapter au mieux le navire aux calles qu'il dessert. Cependant, cela pourrait être contraignant si jamais le navire change de lieu d'exploitation.

Figure 14 Plan d'amarrage Tatihou III.

-  - Taquet
-  - Chaumard
-  - Bite de remorquage



#### 4.9. Hybridation de la propulsion

Plusieurs solutions d'hybridation ont été étudié pour le navire Tatihou III. Deux de ces solutions sont présentées ci-dessous :

**GNL :**

Le GNL est une solution de transition intermédiaire (retrofit possible des moteurs existants) avec de bons résultats en réduction d'émissions :

- 25% de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>),
- 80% d'oxyde d'azote (NO<sub>x</sub>),
- 95% des émissions de monoxyde de carbone (CO).

Il permet un bilan "carbone" bien meilleur que le Diesel marin et permet des économies budgétaires car le coût du retrofit est absorbé en quelques années. La stabilité du gaz et son réseau de distribution déjà bien implanté assure une mise en opération facilitée.

**Un premier estimatif donne une fourchette entre 150k€ et 180k€ par navire pour un retrofit GNL.**

**H2O :**

La solution Hydrogène est plus pour un avenir à moyen terme lorsque les différents éléments suivants seront établis :

- un marché des batteries fiables et dense en capacité en dessous d'un prix au kWh de 400€ HT
- un réseau de distribution de bonbonnes H<sub>2</sub>O compressé établi
- des normes de sécurité homogénéisées inter-véhicules

Il apparaît que la politique européenne porte un intérêt particulier sur le développement de réseaux transnationaux entrouvrant des perspectives d'installation de réseaux pilotes à court terme mais les législations nationales de sécurité des véhicules ne permettent pas encore de voir cet avenir à court-terme.

Malgré les promesses d'un bilan carbone bien amélioré, le coût de la mise en place des infrastructures n'est pas encore stabilisé ni distribué de manière claire.

Les faibles consommations en carburant du navire font que les émissions, notamment en CO<sub>2</sub>, sont limitées. De ce fait, les coûts d'une propulsion hybride ne justifient pas la modification pour l'instant. La conception de la salle machine permet cependant une évolutivité du système de propulsion au cours de la vie du navire.

## 5. Structure du Tatihou III

---

Dans un souci d'optimisation de la masse du navire Tatihou III la coque sera construite en Aluminium et les superstructures seront en matériaux composites.

### 5.1. Structure coque aluminium

#### 5.1.1. Tôles

La coque et les cloisons du Tatihou III sont construites en tôles d'aluminium de 4 à 15mm d'épaisseur.

Les figures suivantes représentent les épaisseurs de tôle.

- Tôle 4mm jaune foncé
- Tôle 5mm en jaune clair
- Tôle 6mm en orange clair
- Tôle 8mm en orange foncé
- Tôle 10mm en rouge clair
- Tôle 15mm en rouge foncé

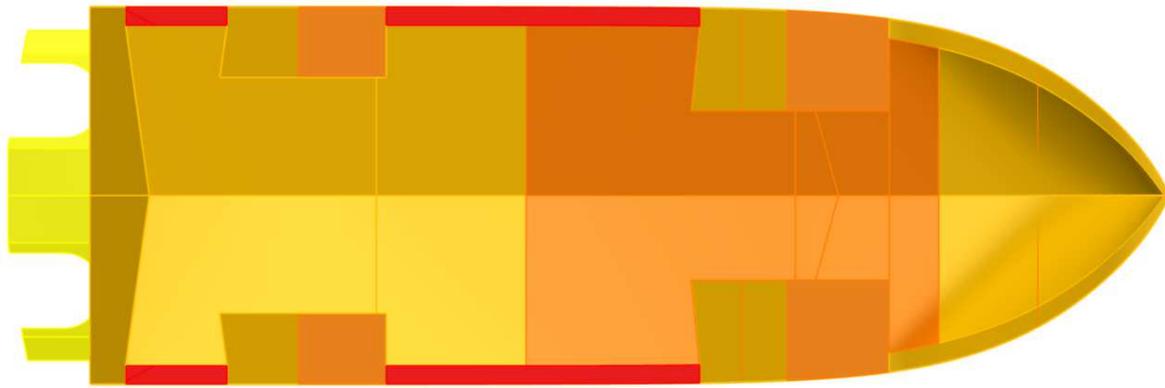


Figure 15 Vue du dessous des épaisseurs de tôle

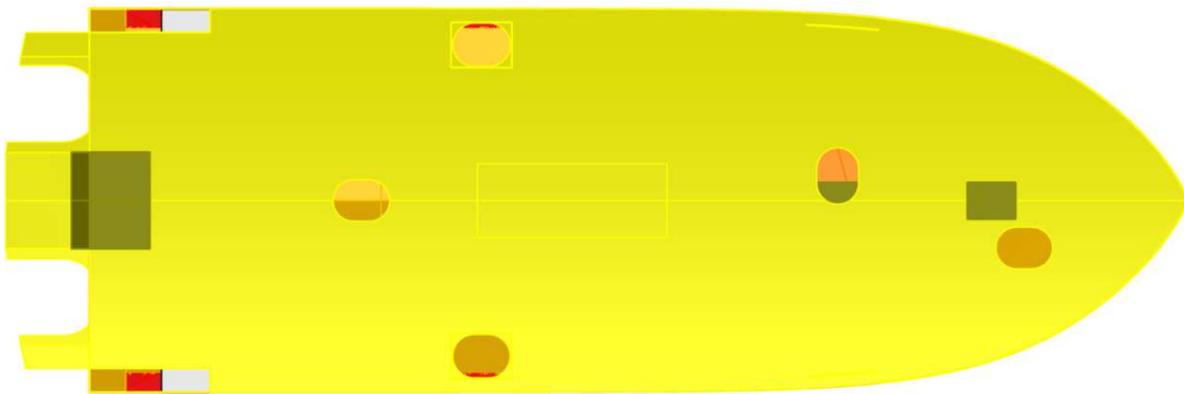


Figure 16 Vue du dessus des épaisseurs de tôle

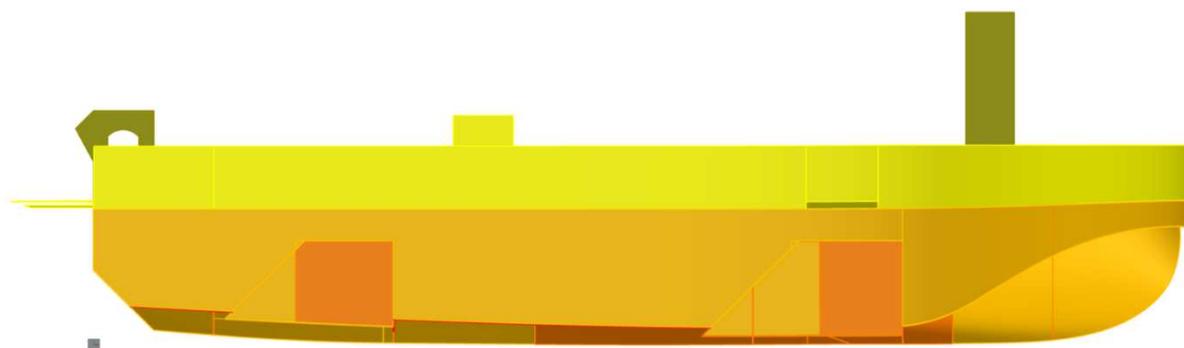


Figure 17 Vue de profil des épaisseurs de tôle

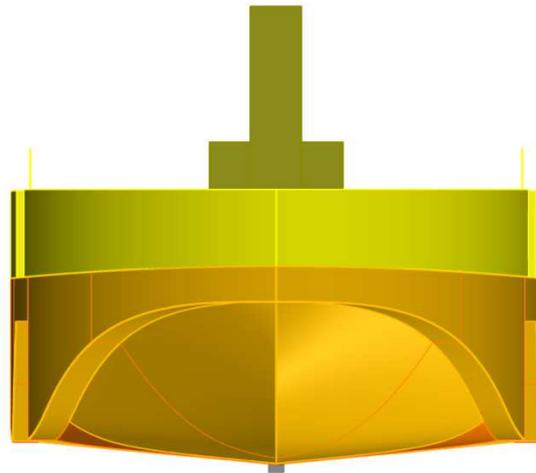


Figure 18 Vue de face des épaisseurs de tôle

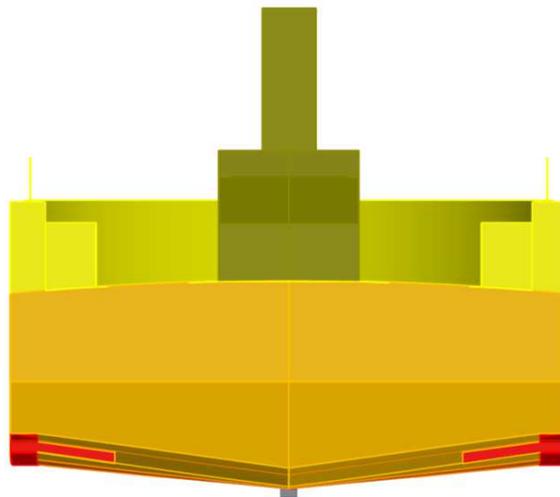


Figure 19 Vue de derrière des tôles

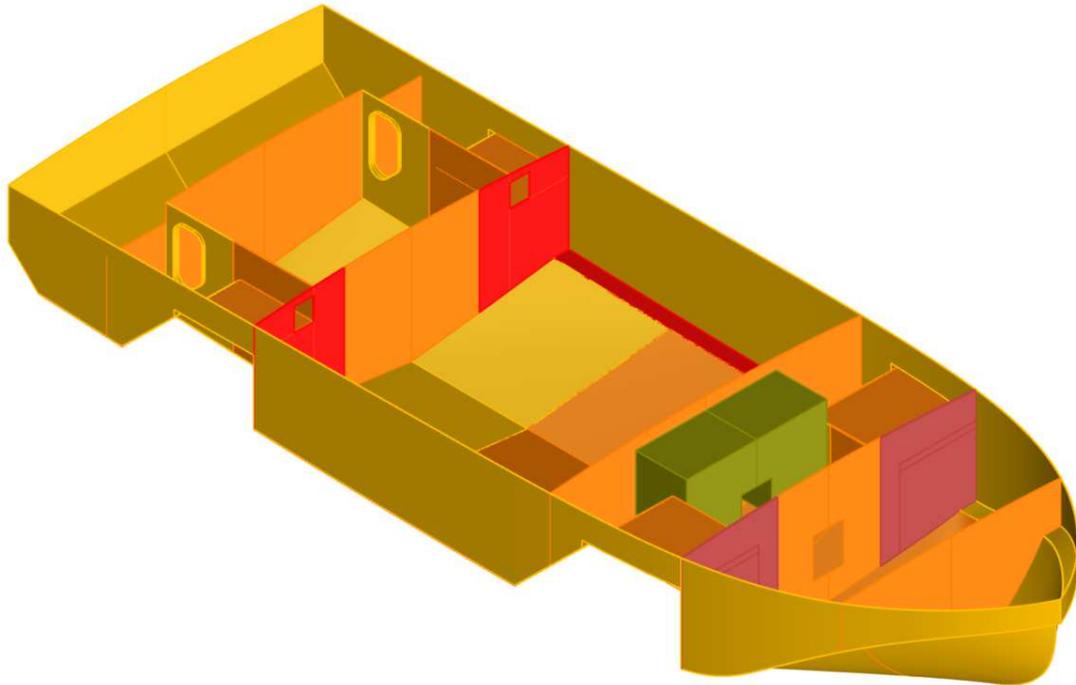
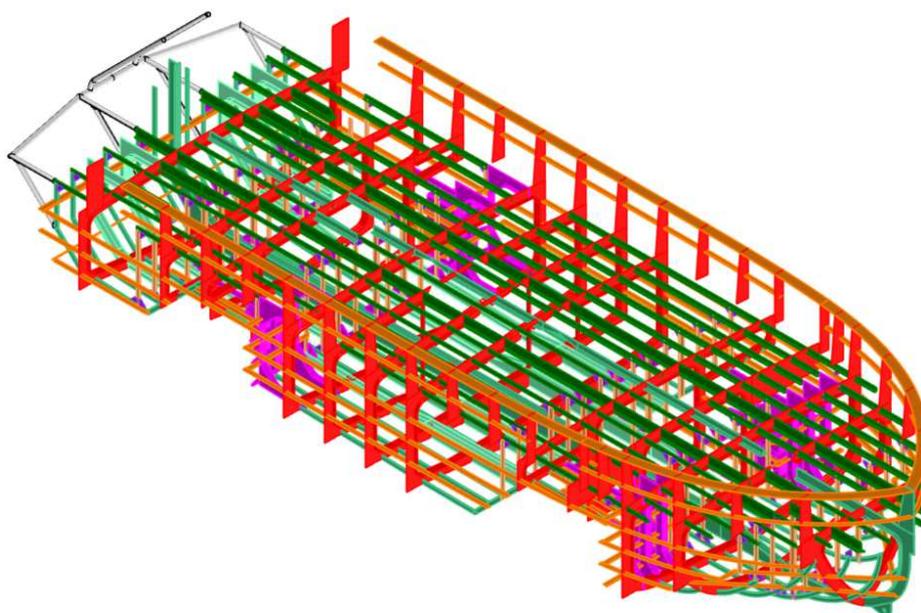


Figure 20 Vue iso des épaisseurs de cloisons

#### 5.1.2. Raidisseurs

Les raidisseurs du Tatihou III sont répartis de la manière suivante :

- Ecartement entre les varangues 750
- Ecartement entre les lisses de fond et pont 300
- Ecartement entre les lisses de bordé 350



## 5.2. Superstructure en composite

### 5.2.1. Le matériau

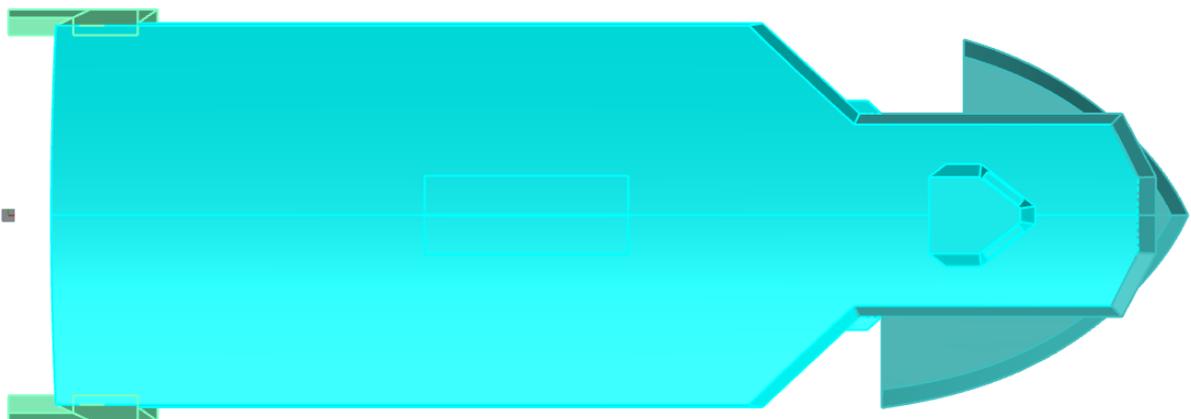
Le matériau utilisé pour les superstructures sera un composite Verre / Vinylester. Ce matériau a la particularité d'avoir un rapport poids résistance supérieur à l'aluminium. La composition du matériau composite proposée est la suivante :

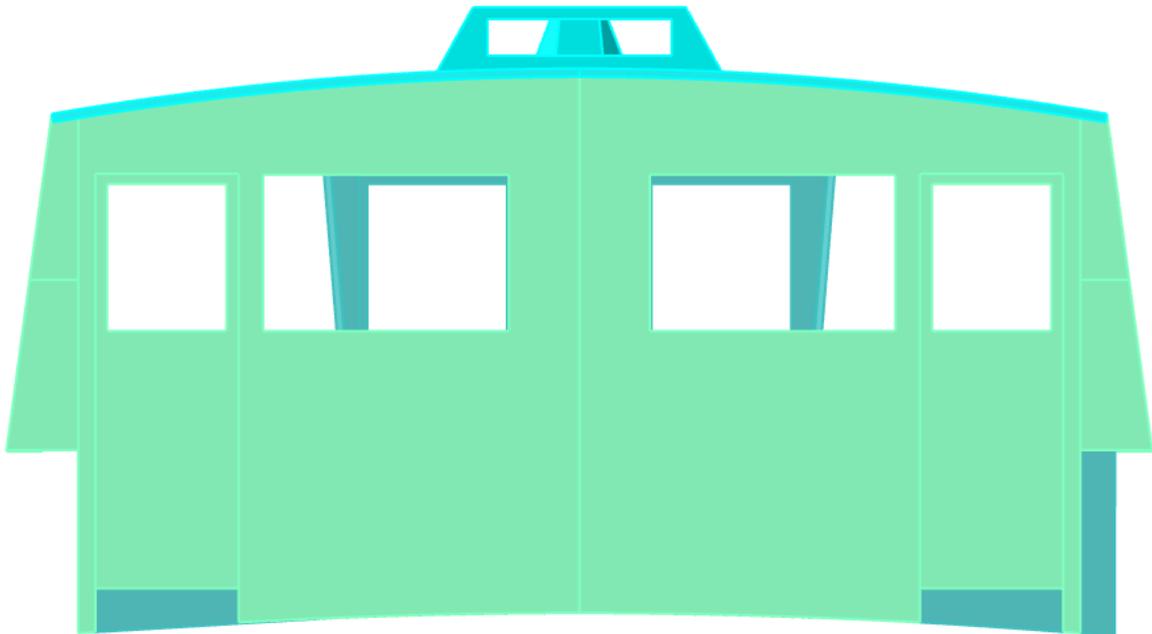
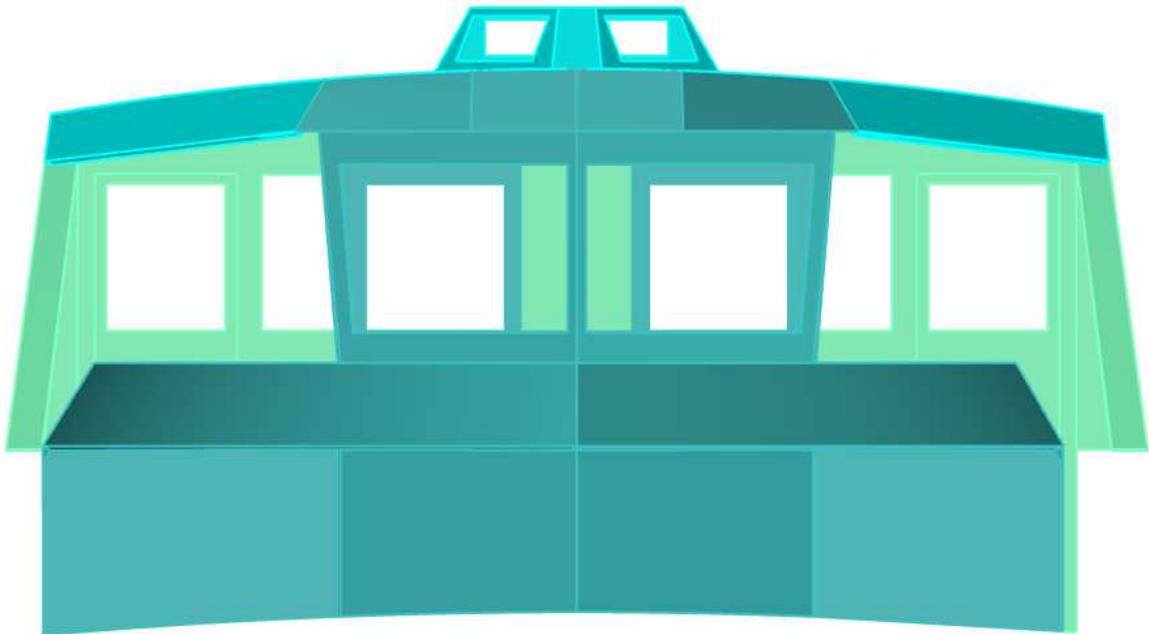
	Layer Label	Angle(deg)	Th(mm)
1	Rov 300	45.00	0.28
2	UD 300	90.00	0.28
3	UD 300	-45.00	0.28
4	UD 300	45.00	0.28
5	Foam PVC Linear , 50 kg/m3	0.00	30.00
6	UD 300	45.00	0.28
7	UD 300	-45.00	0.28
8	UD 300	90.00	0.28

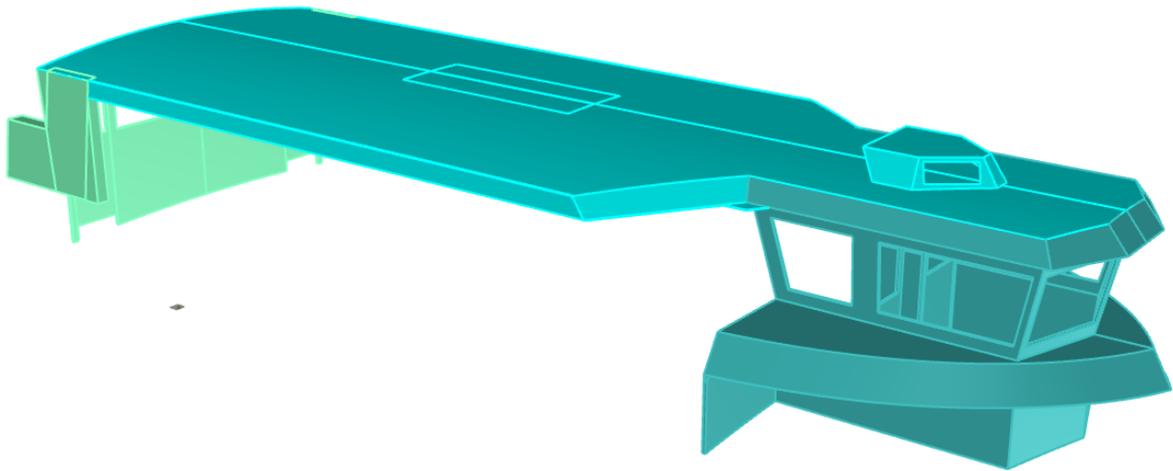
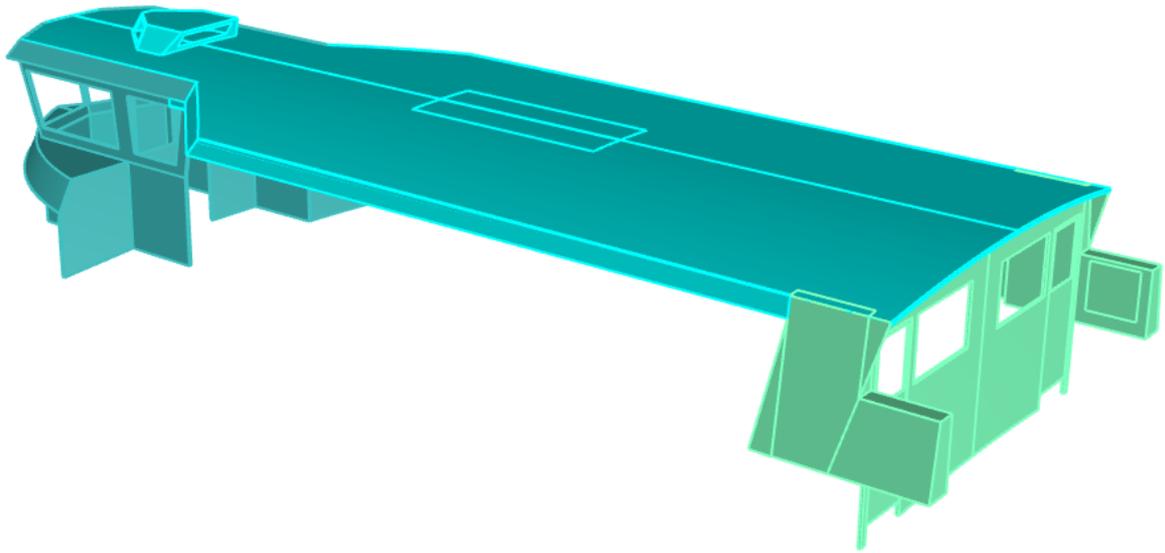
### 5.2.2. Eléments de la superstructure en composite

Les éléments en composites sont les suivants :

- La timonerie avec les coffres de chaque bord
- Le toit avec la prise d'air machine et la trappe qui permet la sortie du moteur
- Les montants qui servent à la sortie de la ventilation machine, à l'échappement et au refroidissement des moteurs.
- La cloison arrière qui sépare la zone passagers de la plage arrière.







### 5.3. Jonction entre le composite et l'aluminium

La jonction entre la coque et les superstructures devra être étanche. Sofren préconise de prévoir un bord tombé sur les éléments composites pour permettre un collage entre les éléments.

## 6. Rendu graphique du Tatihou III

---

Les couleurs du Tatihou II ont été conservées pour le Tatihou III. La couleur des sièges sera définie par le client



