

ETDI

Maison flottante écologique



Ce document présente les idées utilisées lors de la conception, et un ensemble de techniques de construction.

Dans le cas d'un achat auprès qu'un chantier, c'est ce chantier qui utilisera ses propres techniques.

Le concept même de bateau habitable à l'année induit une personnalisation totale, et c'est pourquoi il ne s'agit pas ici de raisonner en termes de « série manufacturée ».

Table des matières

ETDI.....	1
Maison flottante écologique	1
But	4
Conception générale	7
Largeur.....	7
Longueur.....	8
Matériaux	9
Conception de la coque.....	11
Barge monocoque	12
Catamaran	12
Poids de l'ensemble.....	13
Plateforme.....	14
Partie administrative	14
Déformations, contraintes	15
Navigabilité.....	16
Motorisation.....	16
Moteurs hors-bord	17
Diésel classique avec ligne d'arbre	17
Propulsion électrique avec batteries.....	17
Propulsion électrique hybride	17
Fabrication.....	18
Coque/plateforme	18
Superstructures	23
Exemples	32
10 m.....	32
12,50 m.....	32
15 m.....	33
17,50 m.....	34
20 m.....	34
Ecologie	35
Bois.....	35

Lin	35
Balsa	36
Aménagements	37
Dimensions	37
Ouvertures.....	38
Equipements.....	39
Isolation	39
Electricité.....	39
Eclairage	39
Panneaux solaires.....	39
Planchers	40
Cloisons.....	40
Chauffage	40
Eaux douces, eaux usées	41
Législation, implantation.....	42
Aspect législation.....	42
Implantation, emplacement.....	42

But

Il s'agit de réaliser un pendant fluvial aux tiny houses (mais en bien plus volumineux), qui sont par définition de petites maisons mobiles préfabriquées en bois.

En prenant en compte, dès le début du projet, le côté écologique, et en ressourçant l'homme au contact de l'eau, source de vie.

Car l'eau est, et a toujours été, au cœur de la dynamique du processus d'urbanisation et des échanges commerciaux à travers l'histoire.

En France, la quasi-totalité des grandes villes est située sur une voie d'eau, actuellement relativement délaissée, mais qui peut facilement constituer un espace d'habitation solidaire en milieu urbain.

L'eau est ainsi un espace additionnel foncier pour les politiques publiques en matière de logement, tourisme, d'animation urbaine et de valorisation des berges des centres villes et de leurs environs.

Le but est donc de créer un hébergement flottant écologique, statique ou mobile suivant les configurations et souhaits.

Cette idée d'habitat flottant navigable ou non, suivant l'option choisie, doit pouvoir évoluer de l'une à l'autre durant son utilisation, en fonction de l'usage désiré et du type de personnes qui va l'utiliser.

On peut donc avoir :

- Des ML pour lutter contre la précarité (vocation première : logement souple d'urgence, pas de prise foncière au sol, déplaçable en cas de besoin),
- Des ML à la location touristique (étangs privés, lacs, fleuves, etc.),
- Des ML à vocation réellement navigante, en catégorie D mer au besoin (zones protégées),
- Une motorisation allant de la solution hors-bord, la plus simple, à une configuration hybride voire full électrique,
- Une vraie aison flottante, source de construction d'un vrai projet de citoyenneté et source d'ouverture d'une culture d'hospitalité de la ville,
- Etc...

Dans le cadre des politiques publiques en matière de logement à destination des sans-abris et familles précaires, l'offre proposée a toujours navigué entre deux eaux. Pour reprendre les termes du sociologue et urbaniste Benjamin Pradel, l'offre oscille entre visibilité (offre de service d'urgence) ou invisibilité (chercher à la sortir de la rue).

Cette offre innovante sur l'eau peut contribuer à dépasser ce débat. Comme elle est déplaçable, mobile et par nature temporaire, elle évite de cristalliser une des principales problématiques, à savoir le mécontentement des riverains.

Une telle installation peut à la fois changer le regard sur l'habitat urbain et sur ses occupants.

C'est une alternative aux hébergements en chambre d'hôtel pour des familles, souvent mono parentales avec enfants (femmes seules éduquant leurs enfants) dépourvues de logement personnel, qui y trouvent un refuge et l'indépendance.

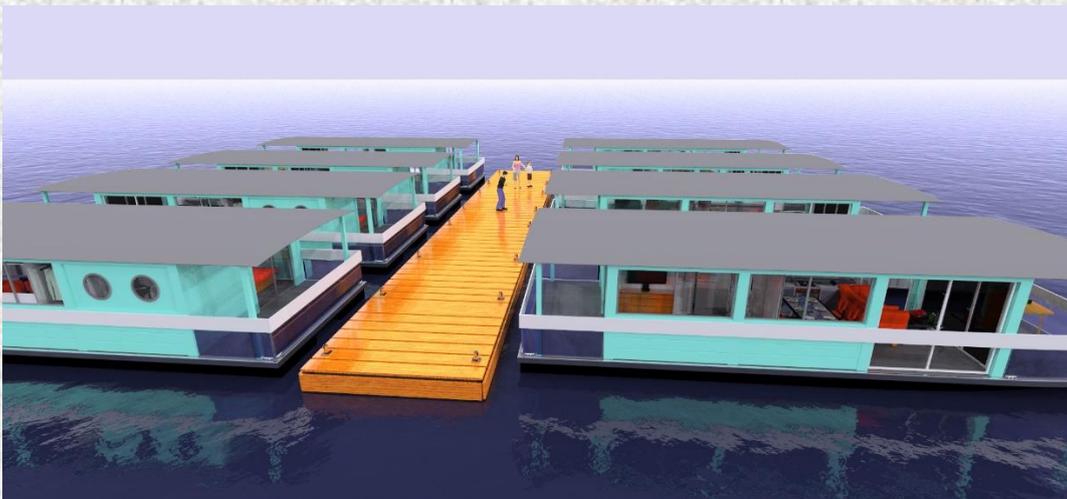
Solution d'habitation, source de répit et de nouveaux départs dans leur parcours de réintégration dans la société.

Remplacement de l'hôtel qui est un logement instable, peu confortable, avec beaucoup de promiscuité, d'insécurité et ne permettant pas une certaine intimité.

Une nuit d'hôtel, c'est au minimum 25€, soit 9 125€ à l'année, sans possibilité de cuisine, etc...
Ce n'est qu'une simple chambre.

Il s'agit donc ici d'un véritable actif, pouvant être loué en logement touristique ou revendu comme bateau naviguant.

Il est bien sur possible d'en faire une grappe, constituant un petit hameau flottant.



Dans la mouvance des tiny houses associant des modes de vies minimalistes avec une dimension de valorisation écologique, ce projet est adapté à l'évolution logique de l'habitat, proposant l'utilisation des voies d'eau.

Une grande attention a été portée à la provenance des matériaux, à la qualité de la construction, aux déchets recyclables et aux dépenses d'énergie.

Mais une maison flottante n'est pas une maison comme les autres. Soumise à des réglementations précises, elle doit avant tout répondre à des normes de qualité et de confort pour permettre d'y vivre toute l'année.

On peut les séparer en deux catégories : celles qui sont fixes et incapables de se déplacer par elles-mêmes, et celles qui sont navigantes.

Ce projet permet les deux catégories.

Sauf autorisation spéciale (restaurant, salle culturelle, etc..), actuellement la réglementation française tend largement vers la seconde catégorie.



Conception générale

Pour répondre à l'ensemble des catégories visées, une réflexion s'engage sur les caractéristiques générales de cette maison flottante.

Visant principalement le territoire français, il faut l'adapter au mieux au réseau des voies d'eau existantes.

Largeur

La largeur des voies navigables françaises est en général de 5,05 m, valeur fixée par les écluses.

Il n'est pas très pratique de faire une maison flottante, qui est presque un rectangle, de la largeur des écluses : le risque de toucher un angle est trop important.

Inversement, choisir une largeur de 4,20 m à 4,40 m ne se sert pas de façon optimisée de l'espace disponible, et c'est trop peu pour quelque chose de vraiment habitable (sauf vacances).

Car avec un lit 160, les accès autour (2 x 80 cm), plus un passage (ce qui fait déjà 4m), plus une cloison et l'épaisseur de la structures du bateau, on arrive à 4,80 m.

Faire plus petit fait tomber dans des solution « vacances » ou « caravane », mais pas dans des solutions habitables à l'année, ce que vise ce projet.

Il semble qu'il soit assez dommage de se priver de cette largeur disponible, quitte à diminuer la longueur au besoin.

Et cette notion de largeur est très importante, car l'impression de volume en dépend.

La différence entre un bateau de 4 m de large et un de 4,80 mètres de large est énorme, au niveau de la sensation d'espace.

On a donc choisi 4,80 m.

Maintenant, la question se pose au niveau de cette largeur jusqu'à l'extrémité avant.

Entrer un bateau dont l'avant mesure 4,80 m dans une écluse de 5,05 m laisse 12,5 cm de chaque côté.

C'est assez difficile, surtout s'il y a du vent.

Il semble donc assez raisonnable d'avoir un rétrécissement de la plateforme vers l'avant de 25 cm de chaque côté, qui rendront les entrées d'écluses nettement plus faciles.

La partie arrière, cependant, peut garder la même largeur.

En cas de pivotement contre un quai avec une garde montante, il suffira de s'appuyer sur l'angle arrière avec une seule défense.

La largeur choisie de 4,80 m, avec un rétrécissement de l'avant, est donc une solution optimale.

Longueur

Maintenant que la largeur est fixée, il faut définir la longueur.

Elle ne dépend en fait que de l'importance des aménagements désirés, compte tenu des éventuelles terrasses avant et arrière.

On a donc les éléments suivants, pour des aménagement aux dimensions normales :

- Terrasse : 2,50 m, voire plus,
- Chambre : 4,00 m (lit + passage + bureau),
- Cuisine/séjour 4,00 m (salon d'un bord, cuisine de l'autre par exemple, plus dégagement).

PS : ce sont ici des mensurations d'une vraie maison, pas celle des bateaux de vacances.

On peut bien entendu jouer sur l'encastrement des parties, en particulier les salles de bain, la cuisine, etc... mais on a déjà un ordre de grandeur, c'est ce qui est intéressant ici.

Soit une maison flottante plus que confortable, avec terrasse avant et arrière, une chambre et une grande pièce de séjour :

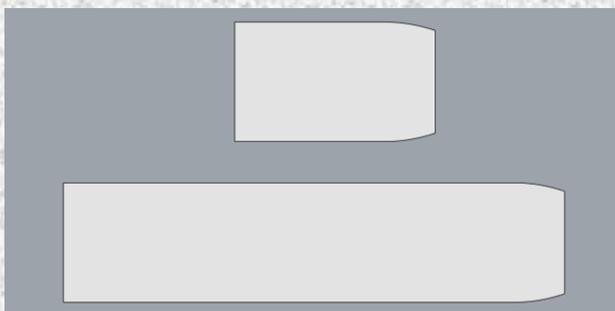
$$2,20 + 2,50 + 4 + 4 = 13 \text{ m.}$$

Avec une vraie chambre de plus : 17 m.

On voit surtout que, dans une gamme de maisons flottantes, le paramètre qui va changer est la longueur.

Une simple chambre à louer fera dans les 7 m, comprenant une salle de bain, mais plusieurs chambres confortables avec terrasses pourront amener à une longueur de près de 20 m, soit presque 3 fois plus.

L'idée, ici, est de garder une partie avant « standard », au besoin assez travaillée, et une partie arrière choisie en fonction des besoins, adaptée de surcroît à la propulsion choisie.



La partie arrière est donc adaptée en fonction des cas.

Matériaux

A caractère résolument écologique, cette maison flottante se doit d'utiliser des matériaux recyclables en grande partie et dont la fabrication utilise un minimum d'énergie.

Bois

Bien entendu, le matériau de base sera le bois, renouvelable, qui présente de plus de bonnes qualités d'isolation, aussi bien thermique que phonique.

Mais pour la partie qui va être dans l'eau, partant du principe que les formes doivent être relativement plus complexes, on n'échappe pas à une fabrication sur moules.

Dans ce cas, la méthode traditionnelle est la résine polyester (pas écologique du tout) et la fibre de verre (non plus).

Le choix a donc été porté sur la fibre de lin en lieu et place de la fibre de verre.

Résine

Pour la résine, qui est la matrice indispensable, peu de solutions existent. Il y a néanmoins une résine époxy, excellente, et relativement écologique. Un développement plus complet sur ces deux matériaux est fait plus loin.

Infusion

Pour mettre en œuvre avec le minimum de résine et dans des conditions plus respectueuses de l'environnement, la technique de l'infusion est utilisée.

Cette technique de pointe consiste à injecter sous vide la résine, assez fluide, dans un empilement de tissus de lin qui ont été posés à sec l'un sur l'autre.

L'ensemble est mis sous vide sous une membrane souple, une bâche, simplement posée à l'intérieur du moule.

Le vide permet de compacter les tissus de lin et d'aspirer la résine au travers de tuyaux d'arrivée judicieusement disposés dans la bâche.

La résine préparée à l'extérieur migre à travers les tissus de lin jusqu'à ce que la pièce soit totalement imprégnée.

La maîtrise de cette technologie permet de compacter un composite quasiment parfait tout en respectant les normes environnementales, en améliorant les conditions de travail, en diminuant la quantité de résine nécessaire, et en produisant des pièces de très haute qualité.

Par la suite, il sera probablement possible d'étendre cette technique à d'autres pièces que la coque.

L'inconvénient est que cette technique nécessite un moule, avec des surfaces qui ne soient pas trop verticales pour que les tissus simplement posés au début de l'opération restent en place avant la mise sous vide.

Nous verrons plus loin quelles astuces ont été utilisées.

Avantages

Pour résumer, voici les avantages de cette technique dans le cadre de cette maison flottante :

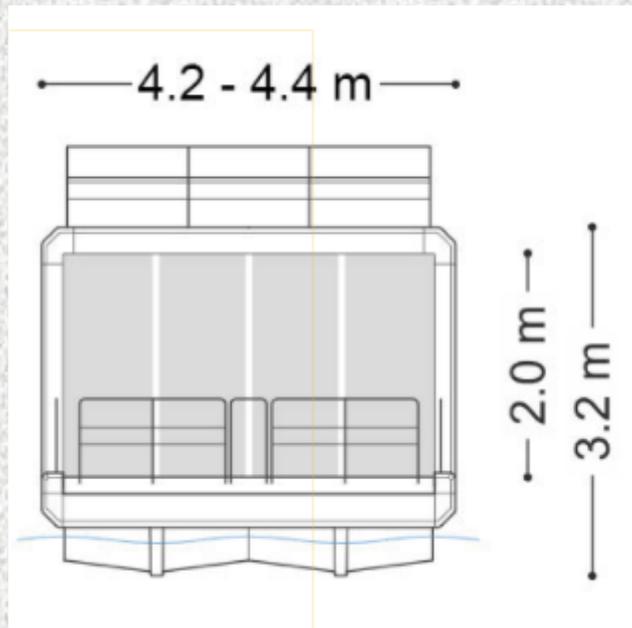
- L'infusion est une révolution par rapport à la stratification traditionnelle, à la main, améliorant les résistances du composite et offrant des propriétés mécaniques supérieures,
- L'optimisation du composite réalisé permet de gagner du poids, donc de réaliser des économies de matériau et, par la suite, de carburant, ceci sans augmenter les coûts de production,
- L'infusion est efficace pour la réalisation de pièces de grande et petite taille,
- Le personnel ne respire pas les émanations de la résine.

Conception de la coque

Il y a deux solutions :

1. La barge, donc monocoque,
2. La formule catamaran, deux coques relativement fines reliées par une nacelle.

On voit d'ailleurs des conceptions assez bizarres, inspirées des maisons terriennes, par exemple :



On a ici comme deux coques catamaran accolées, ce qui fait qu'on n'a les avantages ni de l'un, ni de l'autre.

Dans la conception un élément est très important : le devis de poids.

Le volume immergé doit correspondre à l'ensemble des poids de la maison flottante, et le centre de gravité doit se trouver non seulement latéralement au centre, mais aussi exactement au niveau longitudinal du centre des volumes immergés.

Mieux vaut ici garder une certaine marge de volume, sachant qu'un simple couple de deux personnes amène à bord du bateau environ trois tonnes en livres, vêtements, vaisselle, ordinateurs, vélos et équipements divers quand il s'installe pour une assez longue durée.

Barge monocoque

L'avantage est le relativement peu d'enfoncement pour un poids donné.

L'inconvénient est que l'énergie nécessaire pour se déplacer est importante.

La fabrication est néanmoins plus simple qu'un catamaran.

C'est une bonne solution pour une maison flottante à poste fixe.

Catamaran

L'inconvénient est un plus grand enfoncement des coques à poids égal.

L'avantage est que l'énergie nécessaire pour se déplacer est bien moindre, compte tenu de la finesse des coques.

L'inconvénient peut être transformé en avantage dans le cas d'utilisation de ballasts pour enfoncer le bateau pour certains canaux comme le canal du Midi : un catamaran s'enfonce plus vite.

Mais ici, l'inconvénient est qu'il faut vraiment avoir un devis de poids précis sous peine de très grosses surprises à la mise à l'eau !

Donc, compte tenu de cet examen des avantages et inconvénients des deux formules, la solution catamaran a été choisie pour cette maison flottante, présentant les avantages suivants :

- Moins d'énergie nécessaire pour se déplacer,
- Possibilité de ballasts pour le canal du Midi,
- Nacelle reliant les deux coques à une hauteur suffisante pour ne pas taper au moindre clapot du au vent ou au passage d'autres bateaux,
- Moule identique pour les deux coques, donc investissement moindre ou, à cout égal, meilleure adaptation,
- Manuvres facilitées et sécurité si présence de deux moteurs.

Poids de l'ensemble

Dans tous les cas, il faut limiter les poids ou tout au moins respecter ce qui aura été prévu.

Ce qui, d'ailleurs, milite pour la largeur la plus importante possible, qui rendra le bateau moins sensible à d'éventuelles charges latérales.

On voit que dans le cas d'une « gamme », ce qui est le cas ici, on a tout intérêt :

- A prévoir une marge dans les poids éventuellement embarqués, pour que la nacelle ne touche pas l'eau,
- A éviter toute surface horizontale à moins de 30 cm de l'eau, génératrice de « floc-floc » désagréable.

Ce problème du poids, directement lié à la position du centre de gravité, nécessite que l'ensemble des constituants soit pris en compte par le bureau d'études.

De plus, les coques possèdent des cloisons étanches (heureusement), et le bureau d'études vérifie le positionnement du bateau en cas de crevaison de la coque, ce qui nécessite, là aussi, une connaissance précise du centre de gravité.

Une atteinte à la coque peut tout simplement venir d'un autre bateau qui rate une manœuvre et perfore la coque en un point.
Il faut donc le prévoir.

Plateforme

L'ensemble de la maison flottante repose sur une plateforme.

Beaucoup de projets s'inspirent des maisons « à terre », dont les contraintes sont simplement une compression du haut vers le bas.

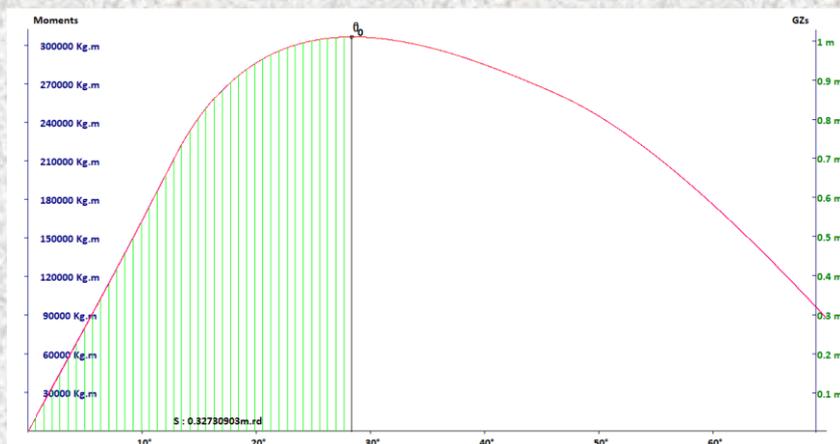
Dans le cas réel d'une maison flottante, ce n'est pas le cas, car il s'agit d'un bateau qui peut éventuellement pencher (giter), et subir en navigation des contraintes diverses qui n'ont rien à voir avec une maison.

Il y a ici deux considérations :

1. La partie administrative,
2. La partie déformations, contraintes.

Partie administrative

Il faut fournir, de toute façon, une courbe de stabilité pour l'administration, de ce style :



Ce calcul se fait en tenant compte de tous les poids et de leur position, c'est donc une partie bureau d'études.

Dans le cas où l'ensemble penche (gite), que devient la maison simplement posée sur une plateforme ?

Peut-elle résister à une inclinaison éventuelle de 50 ° ?

Dans le cas d'une maison posée, l'administration risque de considérer l'engin comme seulement autorisé à rester à poste fixe, dans de petits cours d'eau.

Ce qui serait dommage.

Il faut donc que les superstructures fassent partie intégrante du bateau, structurellement.

Déformations, contraintes

Considérons un simple clapot (petites vaguelettes) de 20 cm (0,20 m).

La surface d'un des deux flotteurs est d'environ 15 m² pour un 15 m.

Avec cette toute petite vague, le flotteur est poussé de 3 tonnes vers le haut, d'un côté.

Ce qui fait que la plate-forme subit une torsion, avec une variation de dimension qui peut atteindre 20 millimètres.

Car il n'y a pas de résistance sans déformation, les matériaux étant plus ou moins souples.

Voilà l'exemple d'une plateforme avec flotteurs simplement posée sur une berge :



On voit parfaitement les déformations, même si, ici, il s'agit d'un exemple un peu exagéré.

Dans ce cas, que devient la maison ?

Si elle est fixée à la plateforme, elle va se déformer aussi, avec sûrement des craquements et des fissures, tout va bouger et son assise n'est pas stable.

On est loin d'une fondation de maison en béton !

Ceci montre que, de toute façon, il faudra intervenir probablement sur la maison dans son système de montage (collages, joints, etc..).

Dans le cas d'une construction spécifique, comme celle envisagée ici, ces problèmes sont réglés lors de la conception et la partie supérieure est même conçue pour ajouter de la rigidité à l'ensemble.

De plus, très important ici, on aura accès aux fonds des coques pour les réserves, la technique, etc... ou pour carrément intégrer les bacs de douche, voire une baignoire, dépassant sous le niveau du plancher.

Sans compter les réservoirs divers (eau douce, eaux usées).

On est loin d'une maison flottante simplement montée sur des bidons dont la valeur vénale à long terme est nulle.

Navigabilité

Sur ce point, aucune ambiguïté : la formule catamaran offre la moindre résistance à l'avancement. De plus, elle est moins sensible au vent latéral, la plaie pour entrer dans une écluse, grâce à ses deux parois verticales et à son plus grand enfoncement.

Mais attention : le ralentissement est difficile avec de simples hors-bords. Il faut absolument privilégier des modèles arbre long, avec la possibilité d'une hélice d'un diamètre plus important que la normale, susceptible de mieux ralentir le bateau en marche arrière.

La plate-forme a une apparence « rectangulaire » quand on la regarde du-dessus. Mais elle cache deux coques très fines, qui constituent un vrai bateau au niveau de la partie immergée.

L'unité est donc capable de naviguer normalement et, de surcroît, avec une puissance réduite, ce qui va dans le sens écologique.

Cette conception va permettre, au besoin, une propulsion électrique, mais sans omettre les autres types de propulsion.

Motorisation

Tout est possible, moteur hors-bord central, deux moteurs hors-bord, deux moteurs fixes, un moteur électrique avec pod, deux moteurs électriques dans les coques, etc... ou pas de motorisation du tout.

Une motorisation classique à base de diesel + inverseur + ligne d'arbre est toujours d'actualité, pour rester dans le concept de base qui est l'adaptation de l'unité à sa fonction et aux désirs de son propriétaire, mais il est aussi possible de monter une propulsion électrique, voire une simple motorisation à base de hors-bord.

La solution la moins chère et la plus simple est le moteur hors-bord seul, bonne solution pour une petite unité qui naviguera peu.

Hors périodes de navigation, on peut tout simplement retirer le moteur et le mettre à l'abri des intempéries... et du vol.

Tout en gardant le concept d'un arrière droit, des parties arrière, comportant la propulsion, et séparées du reste par une cloison étanche, peuvent être créées.

Ce qui élimine le passage des odeurs de la mécanique vers la partie habitable.

Plusieurs types de parties arrière peuvent être étudiées pour répondre à tous les cas.

Moteurs hors-bord

Les moteurs sont simplement fixés à l'arrière, sur des chaises.

Le choix devra se faire sur des marques et modèles permettant une commande à distance, arbre long et hélice du plus grand diamètre possible pour la marche arrière.

L'inconvénient est la présence d'essence, mais avec ces petits moteurs une nourrice extérieure suffit.

Diésel classique avec ligne d'arbre

Dans ce cas, le moteur thermique est accouplé à la ligne d'arbre.

Une partie arrière spécifique permet d'isoler le ou les moteurs du reste.

Propulsion électrique avec batteries

En gardant la même ligne d'arbre, le moteur électrique est placé lui aussi dans la partie arrière.

L'emplacement des batteries ne va jouer que sur le centre de gravité du bateau, et sur la longueur des câbles les reliant au variateur du moteur.

Une autre solution consisterait à utiliser des pods électriques, le moteur se trouvant relié au pod à la partie supérieure.

Propulsion électrique hybride

On se trouve dans le cas précédent, avec des batteries de capacité moins importante ou leur absence complète, mais avec la présence d'un groupe électrogène ou autre générateur de courant, pouvant lui aussi être placé en plusieurs endroits, en fonction des désirs du client.

Dans le cas de cette propulsion hybride, comme dans le cas où il serait souhaitable d'avoir un groupe électrogène pour les servitudes, il vaudrait mieux qu'il soit très accessible et totalement séparé des aménagements, par exemple sous cocon sur la plateforme arrière.

Fabrication

Le type de fabrication dépend beaucoup du nombre d'unités fabriquées.

Car le cout le plus important est celui de la main d'œuvre, et si la construction est optimisée pour la petite série les couts sont moindres.

Mais on vise ici une personnalisation complète des unités.

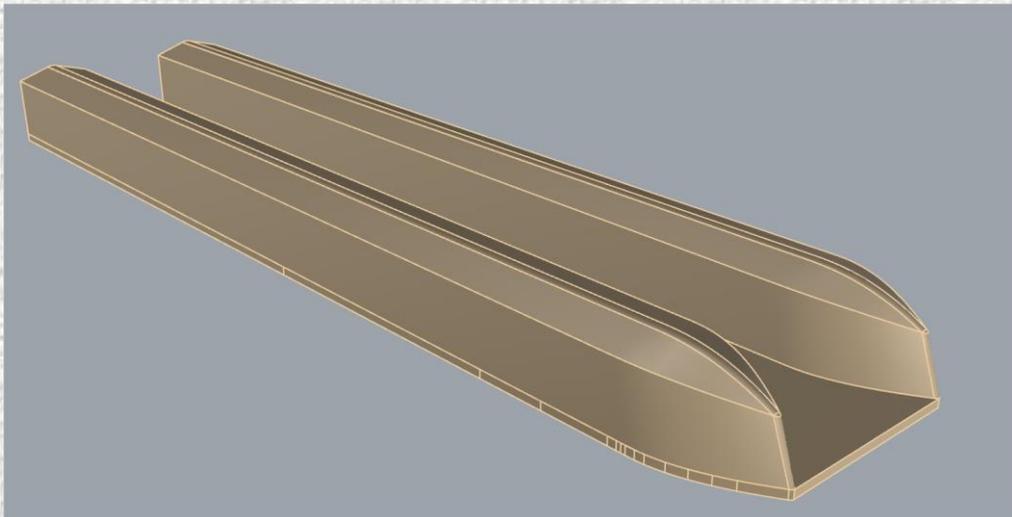
Coque/plateforme

On a donc fait le choix pour les coques d'une stratification à base de fibres de lin.

Cette solution fait appel à un moule, qu'il faut fabriquer avant, et qui est un investissement conséquent.

Ce qui se fait en passant par une première forme.

On obtient une forme de ce genre :



Forme, 20 x 5 m par exemple

Sur cette forme est stratifié le moule, avec des épaisseurs plus importantes que la vraie pièce, comprenant des pieds de support.

Et ce moule, stratifié sur la forme, sert ensuite à fabriquer les pièces.

Dans le cas d'une formule catamaran, on peut se contenter d'une seule forme de coque, sur laquelle on va stratifier deux parties de moules.

Ce qui est un énorme gain, car la finition de cette forme de départ se ressent sur la pièce finie, et c'est donc ici que les heures de main d'œuvre gagnées sont importantes.

Dans notre solution, nous avons opté pour une technique, l'infusion, la plus écologique possible.

Mais en gardant le même esprit, il ne serait pas raisonnable de « sacrifier » une forme, réalisée pour juste une stratification.

Le moule sera donc à base de bois, et réalisé une fois pour toutes.

Seulement, un moule en bois résiste normalement assez peu au démoulage des pièces qui est assez violent.

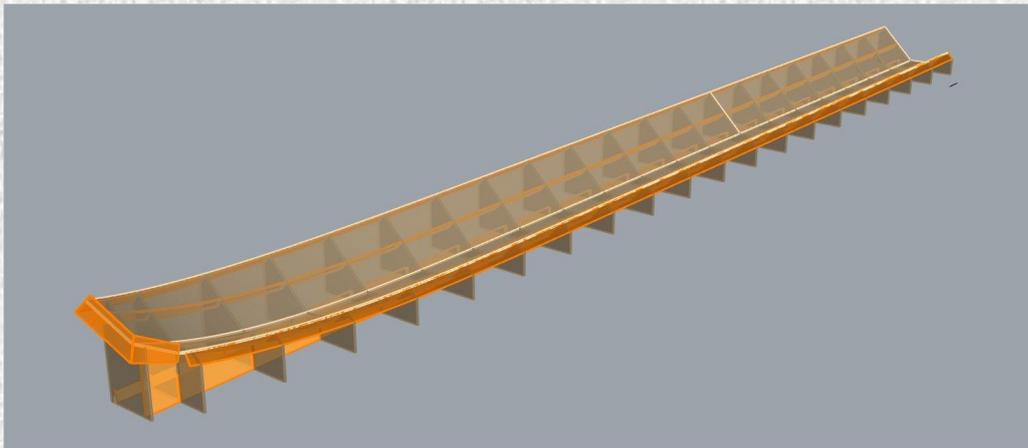
La solution est de réaliser non pas un seul moule « en creux », mais deux moules, permettant de réaliser deux pièces réunies par la suite, mais ne présentant pas de creux important, donc permettant la pose des tissus de lin et des démoulages beaucoup plus faciles.

Il y aura donc deux moules, droite et gauche, permettant de les placer sur le côté à 45° pour l'infusion.

Car, comme expliqué plus haut, on commence par simplement poser les tissus sur le moule.

Si les parois sont trop verticales ils ne tiennent pas en place, ce qui n'est pas le cas ici.

De plus, ces moules seront moins hauts pour travailler, et les tissus pourront facilement être simplement posés avant la mise en place de la bâche par-dessus.



On a ici, sur cette image, un moule de 20 m de long.

Il doit permettre des bateaux de 13 à 20 m.

Pour cela, un petit moule additionnel, à part, permet de stratifier de la même façon une partie arrière qui sera positionnée dans les moules à la distance voulue et permettra la stratification de la coque aux dimensions voulues, comprenant cette partie arrière.

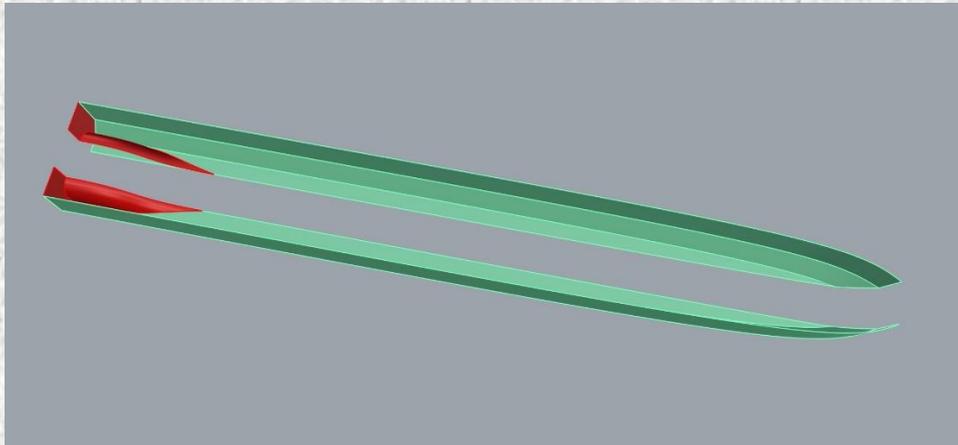
Pour que cette opération soit faisable, les moules sont totalement « droits » sur leur partie arrière, de 12 m à 20m, ce qui fait que ces pièces arrière sont les mêmes, quelle que soit la longueur finale du bateau.

Une pièce possible, par exemple, comprenant le tableau arrière et un tunnel pour l'hélice, permet de fabriquer la pièce complète avec la partie arrière prête pour la propulsion par hélice, qu'elle soit électrique ou non.

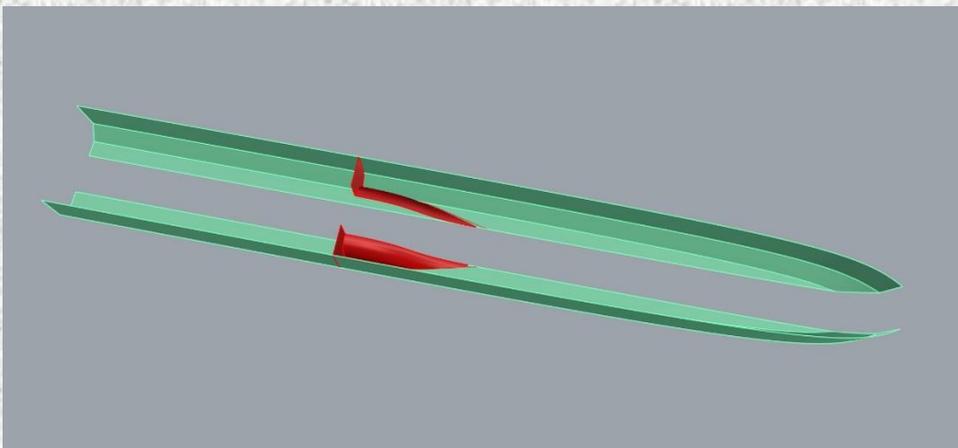
Cette pièce comporte aussi, toujours en stratification à base de lin, le tunnel de protection de l'hélice, la chaise d'arbre d'hélice avec l'emplacement pour la bague hydraulube, le tube jaumière pour le safran et tous les renforts nécessaires.

Ces pièces sont alors placées à la distance adéquate de l'arrière du moule de la coque, tenues au bord par de simples serre-joints.

Position pour 20 m :



Position pour 13 m :

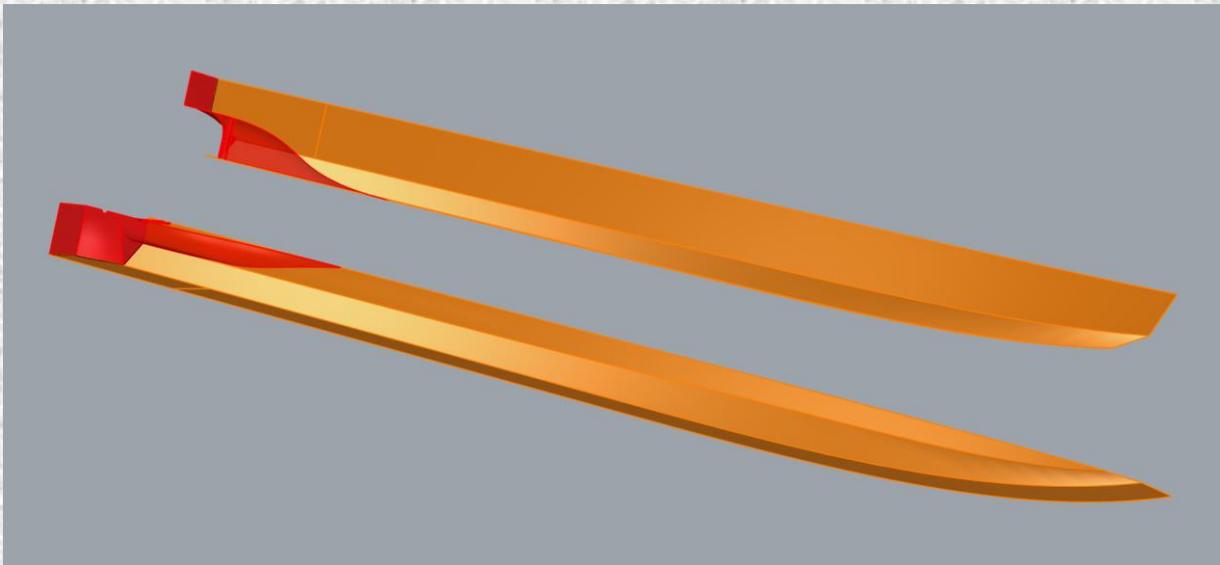


Prenons le cas d'une coque de 15 m, on peut dire « moyenne ».

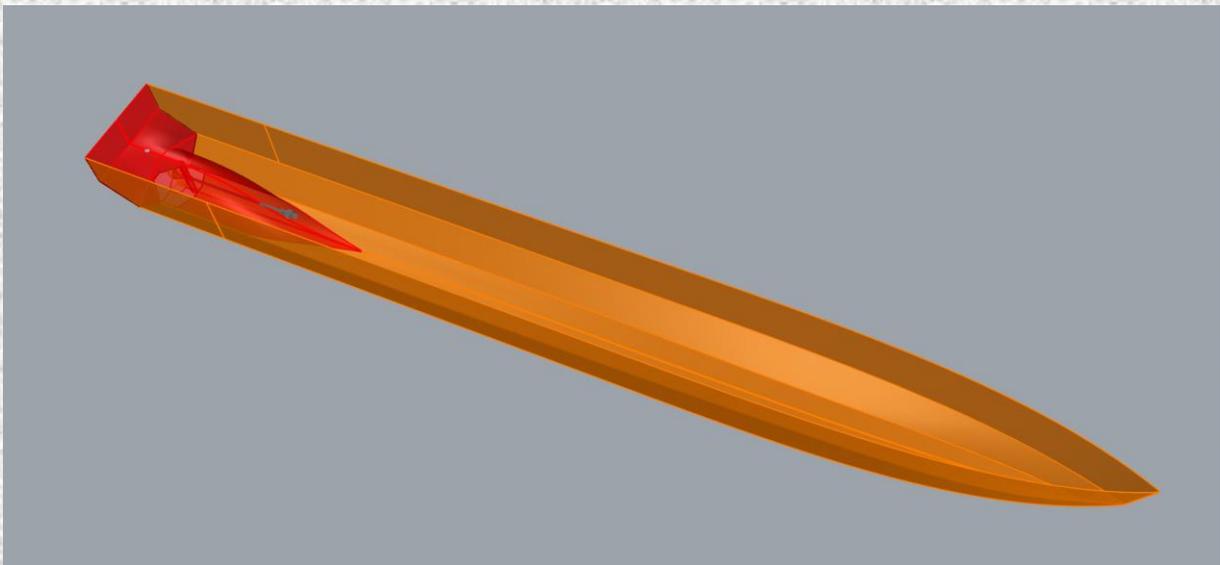
On va positionner les parties arrière à 5 m de l'arrière du moule, puis stratifier sous vide chaque demi-coque avec liaison parfaite aux parties arrière.

Il n'y aura que quelques reprises de gelcoat extérieures à faire.

On a donc deux demi-coques moulées (les deux parties arrière sont en rouge) :



On stratifie ensemble ces deux demi-coques, au travers de dégagements faits dans le moule, invisibles ici :



L'épaisseur des parois est de l'ordre de 8 mm et les recouvrements de 50 mm de chaque bord, ce qui permet de les faire simplement avec du bi biais de 100 mm en rouleau.

En verre, si le lin n'existe pas sous ce format, ce ne sont que de petites quantités.

Pour la stratification proprement dite, la bonne solution actuelle est de faire, comme dit plus haut, de l'infusion sous vide, ce qui économise de la résine et de la main d'œuvre. De plus, le personnel ne respire pas d'émanations.

La technique est « relativement » simple.

On dispose les tissus de verre dans le moule, comme prévu, ce qui est facile avec ces moules « bas », puis on place par-dessus une « bâche », une feuille de plastique étanche. Dans cette bâche, des arrivées de résine sont prévues.

Le moule étant entouré d'une petite surface plate supplémentaire, on y place un joint caoutchouc entre le moule et la bâche.

Puis avec une pompe à vide simple, on aspire alors (0,5 bar, ce n'est pas le vide absolu).

Les tissus se plaquent entre eux et contre le moule.

Avec 0,5 bar, cela correspond à environ 5 tonnes par mètre carré, ce qui est énorme.

Mais c'est une excellente chose pour la cohésion des tissus entre eux, diminuant drastiquement les possibilités de délaminage (séparation des tissus).

Une fois l'absence de fuite tout autour vérifiée, on ouvre les vannes de résine, et la résine infuse par tous les tuyaux disposés sur la bâche.



Infusion en cours

Par rapport à une stratification manuelle on a un gain énorme de main d'œuvre, mais aussi de qualité, puisque les tissus sont bien serrés entre eux, et un gain de quantité de résine. Sans même compter le gain de poids.

L'inconvénient est qu'il faut maîtriser la technique.

Superstructures

Pour être écologique, rien ne vaut le bois.

Mais nous avons vu plus haut que simplement « poser » une maison bois sur la plate-forme ne peut pas faire un bateau, qui est amené à bouger, à giter, et à subir des torsions.

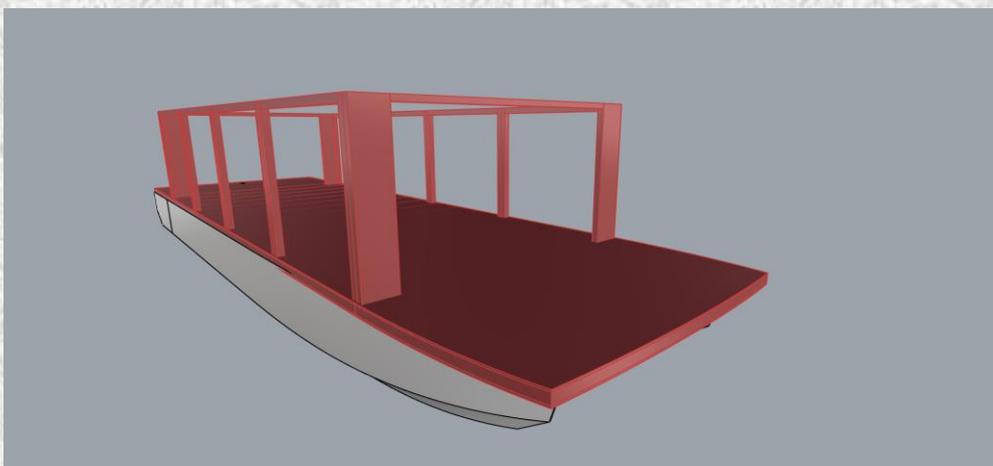
Les superstructures doivent donc être intimement liées à la plateforme.

Ici, la plateforme est un vrai bateau.

Ce qui permet, entre autres, de profiter de l'espace sous plancher pour un accès aux coques par des trappes prévues aux bons endroits, ce que ne permettraient pas des flotteurs simplissimes.

Bois massif

Pour la résistance globale, une structure en bois massif est solidarisée aux coques, par stratification lin/résine.



Cette opération de base a pour effet de créer un ensemble homogène comprenant les deux coques, la plateforme elle-même et l'ensemble des superstructures, sur lequel tout le reste va se greffer.

Dans cette maison flottante « écologique », il y aura donc beaucoup de bois.

On peut diviser les bois utilisés en deux groupes : le bois massif et le bois en panneaux.

Le but est de limiter au maximum les chutes et limiter le travail nécessaire.

La partie bois la plus importante, en bois massif, va être la structure de la plate-forme et celle définissant l'ensemble des aménagements.

Mais le problème du bois massif est qu'il change de dimensions en fonction de l'humidité de l'air, et que ses caractéristiques mécaniques varient d'un endroit à un autre, avec, parfois, de véritables défauts pouvant amener à une rupture imprévisible.

Pour pallier ces deux inconvénients majeurs, il y a une solution pour chacun d'entre eux.

Humidité de l'air

Il faut absolument traiter le bois, c'est-à-dire l'envelopper dans une couche étanche à la vapeur d'eau.

Donc, vernis époxy ou peinture, à passer par temps sec, surtout sur les extrémités où la fibre du bois est tranchée et apparente.

Donc, dans la limite des possibilités, pas de tranche apparente.

Défauts

Il n'y a pas de meilleure solution que d'utiliser du bois lamellé-collé, où plusieurs « tranches » de bois sont collées sous pression ensemble, ce qui diminue largement l'importance des défauts et des déformations.

Un peu comme le contreplaqué.

De plus, les fabricants éliminent pas mal de défauts au moment de la découpe des tranches de bois.

On a donc un bois en général plus résistant et plus fiable.

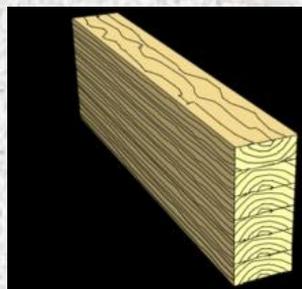
Bois lamellé-collé

Le bois lamellé-collé, aussi appelé plus simplement lamellé-collé ou bois lamellé, est un matériau qui s'obtient par collage de plusieurs lamelles de bois dont le fil est essentiellement parallèle.

Contrairement au contreplaqué où, de pli en pli, la fibre est croisée.

Il y a la possibilité d'acheter du bois massif « brut », mais de grosses entreprises spécialisées fabriquent des poutres en lamellé-collé, avec des colles « écologiques ».

Il semble qu'il soit inutile de faire autrement que de passer par ces entreprises qui livrent des produits aux dimensions parfaites et parfaitement droits.



L'intérêt du bois lamellé est l'amélioration de la résistance mécanique par rapport à une pièce de bois massif, grâce au triage et à la purge d'au moins une partie des défauts.

Ceux qui restent inévitablement sont « noyés » dans le reste du lamellé, ce qui diminue grandement leur effet nuisible.

Ici, on peut utiliser du bois français, de l'épicéa par exemple.

Les épaisseurs de lames vont de 33 mm à 45 mm et ces lames sont collées entre elles, industriellement, sous pression.

La masse volumique est de l'ordre de 500 kg/m³ pour de l'épicéa, ce qui reste léger.

Compte tenu des débits de ces entreprises, elles arrivent à vendre du lamellé-collé quasiment au même prix que du bois massif !

Dimensions standards

Si on veut diminuer les prix, il faut prendre des dimensions standards des fabricants de lamellé-collé qui sont les suivantes :

Sections en mm		largeur											
		60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280
hauteur	120												
	160												
	200												
	240												
	280												
	320												
	360												
	400												
	440												
	480												
	jusqu'à 1000												

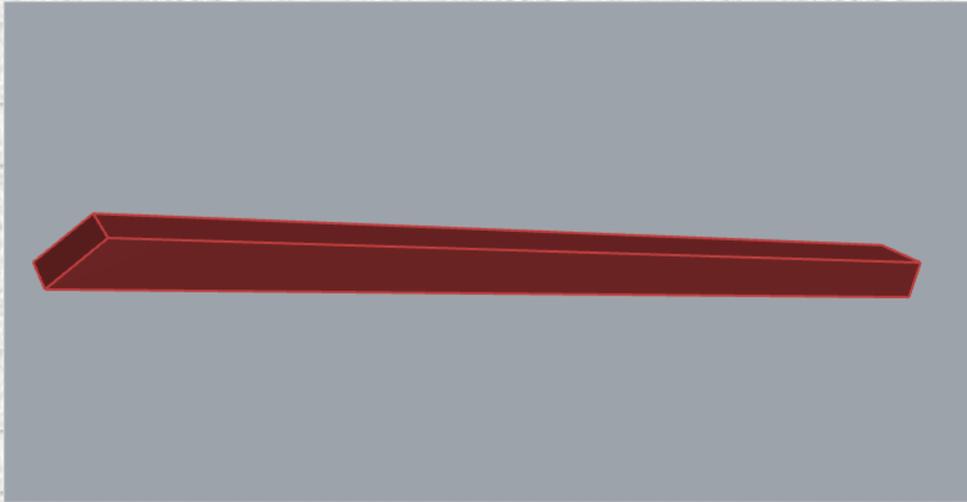
Les dimensions utilisées sur le ML sont 100 x 120, standard.

Ensuite, compte tenu des longueurs livrables, on peut faire une étape d'optimisation des découpes.

Découpes

On peut, bien sûr, commander des pièces de bois aux dimensions souhaitées, travaillées entièrement avant montage.

Mais si on regarde les découpes nécessaires, la plus grande partie d'entre elles se font à 90° ou à 45°, ce qui n'est pas très compliqué.



Là, il n'est pas difficile de monter une scie circulaire à ces angle précis sur un bâti, pour découper les poutres en provenance de l'entreprise de lamellé-collé.

Il faut absolument qu'elle soit à poste fixe.



Il n'est pas difficile non plus de placer des cales sur le bâti (2,50 m pour la plupart des pièces) pour couper exactement aux bonnes dimensions.

La précision doit être inférieure au millimètre.

Il faudra surement souder des gabarits, qui permettront de découper des pièces absolument semblables.

Assemblages

Il y a une quantité de techniques d'assemblages, plus ou moins complexes.

Dans notre cas, il s'agit essentiellement de trois endroits :

1. Assemblage des montants verticaux aux poutres horizontales, sur des biais à 45°.
2. Assemblage des poteaux entre eux, grande surface verticale,
3. Assemblage des montants aux traverses de la plateforme.

Assemblage sur des biais à 45°.

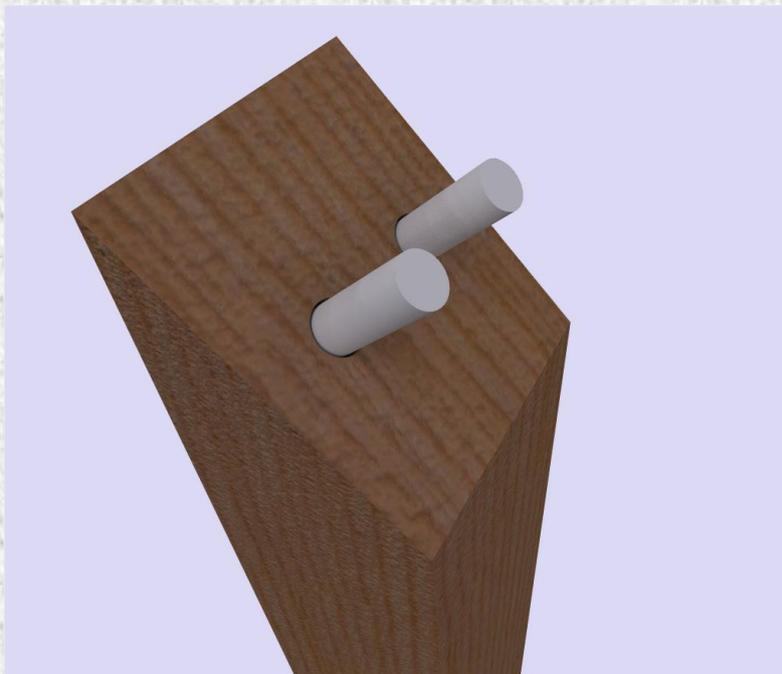
La technique la plus simple à mettre en œuvre est le tourillon, en fait des chevilles de charpente.

Ici, on prendra du 18 mm de diamètre pour une longueur de 180 mm.

Le montage est assez facile, à condition que les trous soient bien en face.

Ce qui peut se faire là aussi au travers d'un bâti (le même que pour la découpe au besoin) qui va permettre de percer précisément.

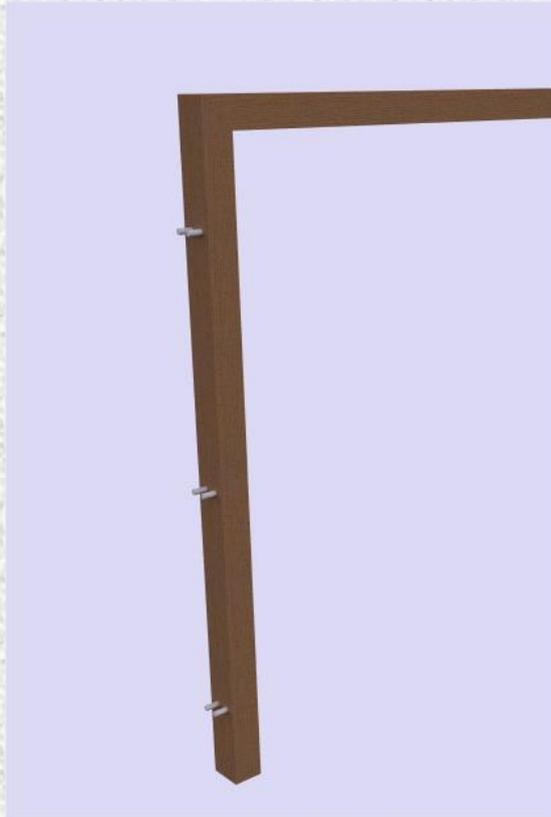
Le trou pourra faire 20 mm, un peu plus que la cheville.



Le collage se fera par la même résine époxy que pour les stratifications du lin, avec une légère charge.

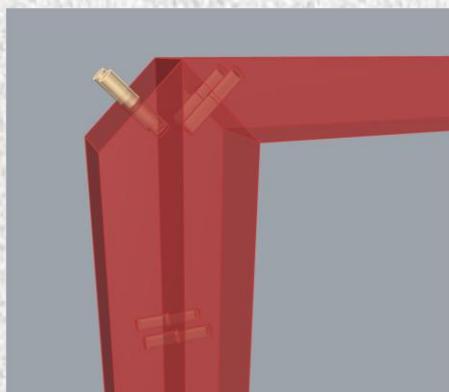
Assemblage des poteaux entre eux

Les poteaux verticaux de la structure seront assemblés collés entre eux par le même système de chevilles/tourillons :



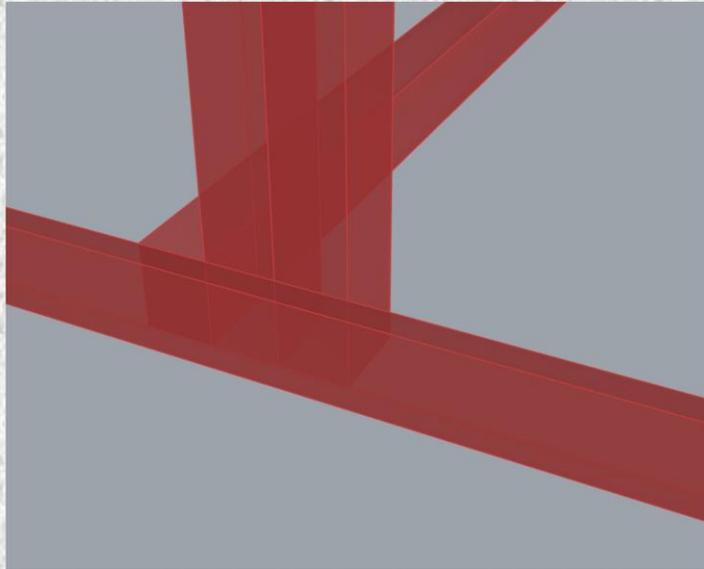
Là aussi, des repères et gabarits fixes, mais peu onéreux, seront nécessaires.

La vue suivante, en semi-transparent, montre les deux montages :



Assemblage des montants aux traverses de la plateforme

Les montants se placent précisément au niveau d'une traverse de la plateforme :



Donc, a priori, les fixations se feront par des boulons inox, avec des trous du même diamètre que les tourillons, pour se servir des mêmes gabarits.

Les montants dépassant en-dessous seront stratifiés à la coque.

Panneaux

La première chose à regarder est la dimension des panneaux standards.

Il y a le contreplaqué d'intérieur CTBH (panneaux décoratifs), d'extérieur CTBX (celui qui nous intéresse ici), l'aggloméré (CTBH) et l'OSB (aggloméré fibré), ayant tous plus ou moins leur format.

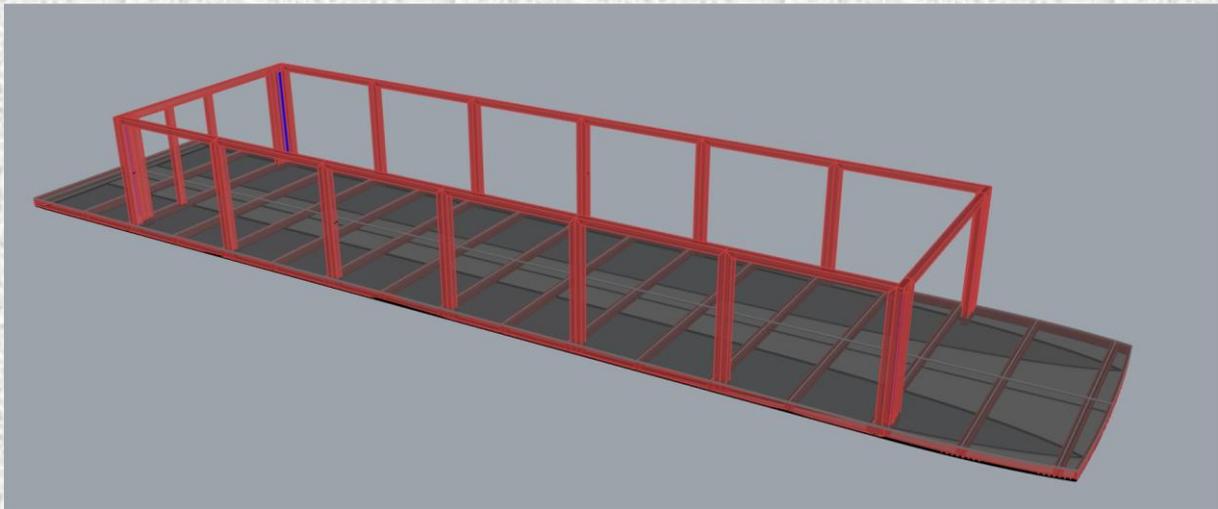
Ce sera du CTBX, en panneaux de 2,50 x 1,22 m.

L'idée est donc de partir sur cette dimension de 1,22m comme dimension de base.

Deux dimensions de base font 2,44m, que l'on va prendre comme espacement entre les montants de la structure.

La plateforme elle-même a une traverse tous les 1,22m, ce qui permet de rabouter directement les panneaux sur ces traverses, sans découpe.

Sur l'image ci-dessous, on voit les traverses, elles aussi en 100 x 120, qui tombent pile au niveau des limites des panneaux.



De plus, les montants sont implantés au niveau des traverses, pour assurer leur fixation et la transmission des contraintes sur une traverse sur deux, tout en ayant la dimension, en longueur, d'un seul panneau pour les parois verticales entre deux montants.

Pour les panneaux intérieurs, décoratifs, cet espacement de 2,44 m entre les montants permet l'utilisation de panneaux décoratifs sans pertes.

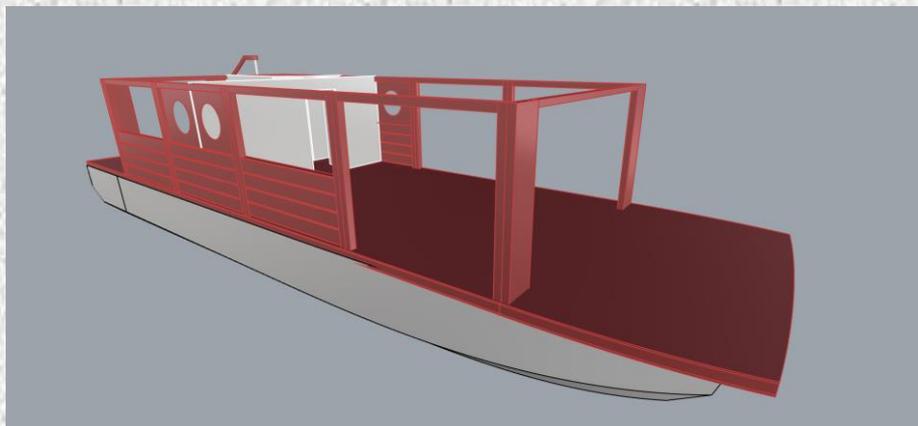
Panneaux stratifiés

Pour gagner du poids et assurer une homogénéité avec le reste, on peut utiliser des panneaux stratifiés, par exemple en mousse/lin, constituant les parois externes et internes.

C'est à ce niveau que commence, en-dehors de la longueur, la personnalisation du bateau.

La finition de surface de panneaux est parfaite, mais l'étude devra se préoccuper des chants des panneaux, qui ne doivent pas être laissés libres à l'humidité.

Une solution simple est d'utiliser du bois toupillé.



Terrasse - fly

Il est possible de créer une terrasse ou un fly au-dessus de la partie habitable.

En fonction des cas, tout s'appuiera sur les cloisons ou sur un système de poutres.

Chaque cas est ici un cas particulier.

Exemples

10 m

Le plus petit possible.



12,50 m

Exemple ici d'une petite maison flottante de 12 m, sans propulsion intérieure.

Il est bien sûr possible d'y adjoindre un ou deux moteurs hors-bord, classiques ou électriques, mais ce sera avant tout un logement de faible prix, le plus souvent à poste fixe.

Il n'y a pas de fly au-dessus, mais un simple toit bien isolé.

Pour des raisons de prix de revient et d'entretien, les bois massifs sont peints.



15 m

Solution « moyenne », c'est-à-dire une maison flottante navigante de 15 m.



On a pris ici une solution avec « fly », ensemble à vivre sous forme de terrasse supérieure.

Ce fly comporte le poste de pilotage et sa forme permet le passage sous les petits ponts arrondis, comme ceux du canal du Midi.

Intérieurement, la partie avant est la zone « jour » et la partie arrière plutôt la zone « nuit », puisqu'elle comporte la ou les chambres.



On peut noter qu'on accède au fly par un escalier, depuis la terrasse arrière.

17,50 m



On a ici une unité comportant deux chambres, disposant chacune d'une salle de bain.

20 m



Véritable maison.

Ecologie

Dans le cadre d'une fabrication plus respectueuse des données écologiques, il est possible de faire des choix de matériaux vertueux, ce qui est fait ici.

Bois

Le bois, s'il est replanté (label FSC, par exemple) est par nature écologique.

Ce fait penche vers l'utilisation du bois.

Malheureusement, surtout en ambiance humide, ce qui est le cas en fluvial, le bois a besoin d'une protection (peintures, résines) qui, elle, n'est pas très écologique.

Mais pour les aménagements, parois, vaigrages il convient parfaitement.

Lin

L'utilisation de la fibre de lin au lieu de la fibre de verre est une bonne solution.

Les avantages du lin dans les composites sont nombreux :

- Faible densité (1,5 au lieu de 2,54 pour la fibre de verre),
- Rigidité spécifique plus élevée que celle des fibres de verre,
- Absorption des vibrations supérieure à celle des fibres de carbone et de verre,
- Isolation thermique supérieure à celle des fibres de carbone,
- Isolation acoustique supérieure à celle des fibres de carbone et de verre,
- Empreinte environnementale moins élevée que celle de la fibre de verre.



Mais il faut de la résine, la moins chère étant la résine polyester.

Mais un peu plus chère, il existe des résines époxy, beaucoup plus écologiques, et aux qualités mécaniques supérieures aux résines polyester.

Ces systèmes époxy à deux composants ont été spécialement formulés pour la résine utilisée en injection ou en infusion. Ces résines ont une très faible viscosité à température ambiante. Les différents durcisseurs permettent la réalisation de petites à très grandes pièces. Le système durci donne une résistance à la température jusqu'à 100°C.

Les résines sont produites avec environ 38 % de carbone d'origine végétale et ont un impact environnemental plus faible que les systèmes époxy traditionnels. La teneur en carbone biosourcé est certifiée par un laboratoire indépendant.

On dispose donc maintenant de résines nettement plus « propres » que les résines polyester, malheureusement à des prix plus élevés.

Mais la technique de l'infusion choisie permet d'économiser de la résine en compactant les tissus de lin entre eux, donc en diminuant l'épaisseur du stratifié et, par là même, la quantité de résine nécessaire.

De plus, cette technique permet de limiter les émanations.

Il est possible aussi d'utiliser des panneaux en lin pour les intérieurs, et des panneaux bardage lin pour les extérieurs.

Balsa

La mousse PCV des sandwichs peut être remplacée écologiquement par du balsa.

Certains fabricants français, par exemple Sicomin, proposent des âmes structurelles en balsa, facilement stratifiées sous vide en même temps que les tissus de lin.

Aménagements

Dimensions

On a vu plus haut qu'on a approximativement les dimensions d'un bateau en considérant les aménagements désirés.

De cette idée part celle d'éventuels aménagements modulaires, personnalisables, bien entendu.

Par exemple, à quelque chose près et à la disposition près, une chambre/cabine avec un lit double aura grossièrement la surface utilisée suivante (ici sur un bateau « normal »):



On peut bien sûr disposer les éléments différemment, mais cela ne change pas grand-chose.

Un bloc cuisine, disposé en long en forme de U ou de L, présente la même particularité.



On doit donc pouvoir plus ou moins standardiser les aménagements, ce qui est intéressant pour le fabricant, tout en gardant une grande flexibilité, et ce qui est intéressant aussi pour le futur propriétaire.

Dans l'étude en cours pour cette maison flottante, on arrive à des espaces de ce genre (ici vision interne de la version 15 m) :



Ceci est la partie avant, partie à vivre, de cette solution de seulement 15 m, avec cuisine, coin repas et salon.

Le tout largement ouvert sur l'eau, mais avec rambarde de protection.

Ouvertures

Les ouvertures devront d'une part correspondre aux aménagements qui sont derrière elles, mais en même temps donner une esthétique convenable à l'unité, vue du dehors.

Ce qui devra être fait lors de l'étude.

Les ouvertures sont essentiellement des fenêtres ou des baies, comprenant des parties vitrées.

Pour rester dans l'optique de la personnalisation, elles peuvent être montées « en tunnel », fixées au mastic polyuréthane ou autre, après peinture ou vernis.

Il est possible d'utiliser bois ou aluminium pour l'encadrement, selon le style que l'on désire pour le bateau.

Equipements

Isolation

Selon le type de construction, tous les modes d'isolation sont possibles, de la mousse projetée aux plaques de polystyrène ou autre matériau écologique.

Dans le cas d'une structure panneaux sandwich, les deux faces sont propres, isolation comprise. Dans les autres cas, il faudra un vaigrage.

Electricité

Tout doit être réalisé en câbles souples, contrairement aux maisons.

Le câble rigide finit toujours par casser avec les mouvements et vibrations continus.

Il faut une prise de quai, un système minimum de batteries de servitudes, et des onduleurs capables de recréer du 220 V alternatif quand le bateau est en autonomie.

Eclairage

La bonne solution actuelle est bien entendu d'utiliser systématiquement des ampoules LED.

Dans ce cas, les panneaux solaires seuls, avec une batterie tampon, suffisent à l'éclairage.

On peut même dès à présent choisir des modèles d'ampoules LED permettant de les allumer, de les éteindre, voire de changer intensité et couleur, à distance (protocoles Zigbee ou Z-Wave par exemple).

Cette solution élimine les interrupteurs, contacts, etc... et permet de simplifier le câblage.

Panneaux solaires

La grande surface supérieure permet la mise en place de panneaux solaires.

Dans le cas d'un poste fixe, s'ils peuvent être inclinés vers le sud leur rendement augmente considérablement.

Planchers

Les planchers flottants de maison, clipsables, posés sur de CP de la plateforme, conviennent parfaitement.

Ce qui permet un choix de couleurs et de motifs quasiment illimité.

Et un démontage relativement facile en cas de problème.

Cloisons

Dans un bateau « de vacances », on peut se contenter de cloisons en contreplaqué de 20 mm, par exemple.

Mais dans un bateau habitable à l'année, il faut quelque chose de plus conséquent au niveau isolation acoustique, par exemple deux panneaux 10 mm séparés par des tasseaux avec un isolant phonique.

On en profitera pour faire passer une partie du réseau électrique.

Il y a la solution d'un grand espace intérieur non cloisonné « loft », mais la plupart du temps il va y avoir des cloisons.

Comme vu ci-dessus, partant de cloisons d'une épaisseur de 5 cm (ou plus), elles peuvent être réalisées

- Soit par panneaux sandwich mousse ou balsa, en lin si possible, dégageant directement deux faces propres, aux dimensions exactes,
- Soit par deux panneaux CP 10 mm tenus par des tasseaux de 30x30, collées, ce qui demande plus de travail.

Reste le problème des chants apparents, ce qui se résout simplement avec des moulures, en bois, faites à la toupie par n'importe quel artisan menuisier.

Il y a quatre moulures standards :

- Le chant d'une cloison 5 cm
- Le chant d'une cloison double 100 mm
- La moulure d'angle 45 °
- La moulure d'angle 90°

Chauffage

Pour une maison flottante habitée à l'année, ce qui n'est pas le cas des locations d'été, un chauffage s'impose.

Dans le cas d'un poste à quai fixe, un chauffage électrique est le moins cher à l'achat, mais pas à l'usage.

Sinon, un chauffage à bois ou à granulés de bois, convient bien.

Mais il devra être étudié pour occuper une place plus ou moins centrale, avoir une arrivée d'air extérieur (le rendement tombe si le chauffage se sert de l'air de la pièce !) et, bien entendu une sortie.

On peut envisager aussi une chaudière à fioul, qui aurait comme avantage de gérer aussi l'eau chaude sanitaire, voire un système de distribution du chauffage par radiateurs, comme dans une maison, avec circulateur.

Eaux douces, eaux usées

Les sorties douches, éviers et WC doivent réglementairement aboutir à un réservoir d'eau usées. De là, elles peuvent être pompées vers le dehors.

Pour l'admission d'eau douce, si le bateau est à quai une connexion à l'eau de la ville est envisageable.

Dans le cas contraire, il faut des réservoirs d'eau douce (remplissage, mise à l'air libre, sortie) et un ensemble de mise sous pression pour les différents robinets et douches.

L'eau chaude sanitaire peut venir d'un simple ballon à eau chaude, si la maison est à poste fixe. Il existe des modèles permettant le chauffage classique électrique ou par le circuit d'eau de refroidissement du moteur, si le bateau navigue, le ballon ayant un peu le rôle d'un échangeur.

Ou au travers de la chaudière du chauffage, comme vu plus haut.



Législation, implantation

Encore peu répandues en France, les maisons flottantes sont soumises à une législation spécifique, mais beaucoup de points restent obscurs au niveau environnement.

Tout peut dépendre des autorités locales.

A l'inverse des pays du nord de l'Europe, en France les hébergements flottants ne sont pas reconnus en tant que maisons.

Il faut un bureau d'étude naval et un expert fluvial pour homologuer l'ensemble en tant que bateau fluvial ou établissement flottant.

S'il reçoit du public, il s'agit encore d'une autre réglementation.

La norme actuelle est la Division 245 que tout bateau doit respecter pour obtenir la validation du service instructeur.

Aspect législation

L'étape finale est la délivrance du titre de navigation par la DDTM.

Dans tous les cas, le bureau d'études doit fournir des calculs de stabilité, d'envahissement (cloisons étanches) et de structure, tenant compte du nombre de personnes à bord.

Implantation, emplacement

Selon le type d'implantation souhaité, les démarches pour l'obtention d'une autorisation d'implantation ne sont pas les mêmes.

Pour une implantation sur le domaine public, le stationnement est soumis à l'obtention préalable d'une autorisation d'occupation du domaine public fluvial délivrée par son gestionnaire, à voir sur place.