

RÉPUBLIQUE DU CAMEROUN
Paix – Travail – Patrie

UNIVERSITÉ DE YAOUNDÉ I

ÉCOLE NORMALE
SUPÉRIEURE DE YAOUNDÉ

DÉPARTEMENT DE PHYSIQUE

B.P 47 Yaoundé



REPUBLIC OF CAMEROON
Peace – Work – Fatherland

THE UNIVERSITY OF YAOUNDE I

HIGHER TEACHER TRAINING
SCHOOL OF YAOUNDE

DEPARTMENT OF PHYSICS

P.O.Box 47 Yaoundé

ETUDE ET REALISATION D'UNE PIROGUE DE PECHE EN BOIS

Mémoire présenté en vue de l'obtention du
Diplôme de Professeur de l'Enseignement secondaire Deuxième grade (D.I.P.E.S.II)

Par

ESSOGO AFANA ROGER

Licencié en Physique

Matricule : 13E2046

Sous la direction de :

MUKAM FOTSING J.

Maître de Conférences

Université de Yaoundé I / E.N.S

Année académique 2018/2019

ETUDE ET REALISATION D'UNE PIROGUE DE PECHE EN BOIS

Mémoire présenté et soutenu en vue de l'obtention du DIPES II

par : ESSOGO AFANA Roger

Département de Physique

Licencié en Physique

Matricule : 13E2046

Sous la direction de

Pr. MUKAM FOTSING

Professeur, Université de Yaoundé I

Année Académique 2018/2019

Table des matières

| | |
|---|------------|
| Dédicaces | ii |
| Remerciements | iii |
| Résumé | v |
| Abstract | vii |
| Introduction | 1 |
| 1 REVUE DE LITTÉRATURE | 2 |
| 1.1 Définition, description et origine du mot pirogue | 2 |
| 1.2 Historique de l'évolution des pirogues | 3 |
| 1.2.1 La pirogue du lac de Chalain | 3 |
| 1.2.2 La pirogue à balancier | 4 |
| 1.2.3 La pirogue en tronc d'arbre ou pirogue monoxyle | 5 |
| 1.2.4 La pirogue de transport de poisson | 6 |
| 1.2.5 La pirogue de course sans voile | 6 |
| 1.3 Etude de la flottabilité et de l'équilibre/ stabilité d'une pirogue . . | 7 |
| 1.3.1 Flottabilité | 7 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1.3.2 | Stabilité | 9 |
| 2 | Matériel et Méthodes | 19 |
| 2.1 | Matériels utilisés | 19 |
| 2.1.1 | Le bois | 19 |
| 2.1.2 | Origine et composition du bois. | 20 |
| 2.1.3 | Propriétés d'hygroscopicité du bois | 22 |
| 2.1.4 | Le contreplaqué | 24 |
| 2.2 | Les logiciels utilisés | 25 |
| 2.2.1 | Présentation de Naval Designer | 25 |
| 2.3 | Logiciel Delfship | 26 |
| 2.4 | Autres matériels | 29 |
| 2.5 | La méthode utilisée | 30 |
| 2.6 | Etapes de la réalisation manuelle de la pirogue | 31 |
| 3 | Résultats et Discussion | 32 |
| 3.1 | Résultats obtenus avec le logiciel Naval Designer | 32 |
| 3.2 | Résultat de la réalisation manuelle | 36 |
| 3.2.1 | Traçage et découpe de la plaque | 36 |
| 3.2.2 | Coudre la pirogue | 38 |
| 3.2.3 | Coller la pirogue. | 39 |
| 3.2.4 | Stratifier l'extérieur de la pirogue. | 40 |
| 3.2.5 | Aménagement et protection de la pirogue | 41 |
| 3.3 | Discussion sur la validité du résultat obtenu | 41 |
| 3.4 | Conclusion | 42 |

| | |
|--|---------------|
| 4 Implication sur le système éducatif | 44 |
| 4.1 PLAN SUR L'ENSEIGNEMENT ET LES APPRENTISSAGES . . | 44 |
| 4.2 IMPLICATION SUR LE PLAN DU DEVELOPPEMENT | 47 |
| Bibliographie | 49 |

Table des figures

| | | |
|------|--|----|
| 1.1 | La pirogue du lac de Chalain [1] | 4 |
| 1.2 | Pirogue à balancier en Nouvelle-Calédonie [2] | 5 |
| 1.3 | Pirogue monoxyde [3] | 6 |
| 1.4 | La pirogue de course sans voile [4] | 7 |
| 1.5 | représentation du tirant d'eau [5] | 9 |
| 1.6 | représentation de la position du centre de gravité et du centre de la carène [6] | 10 |
| 1.7 | déplacement du centre de carène [7] | 11 |
| 1.8 | représentation de la courbe isocarène [8] | 12 |
| 1.9 | couple de redressement [9] | 13 |
| 1.10 | Couple de redressement [10] | 13 |
| 1.11 | position d'un objet dans un navire [11] | 16 |
| 2.1 | Le bois [13] | 20 |
| 2.2 | Les parties du tronc [14] | 21 |
| 2.3 | Direction de croissance [15] | 21 |
| 2.4 | Le bois parfait [16] | 22 |
| 2.5 | Le contre-plaqué [17] | 24 |

| | | |
|------|---|----|
| 2.6 | Systèmes de coordonnées | 26 |
| 2.7 | L'interface de conception 3D du bateau – Delfship | 27 |
| 2.8 | Le plan de découpe sur les plaques de contre-plaqué | 28 |
| 3.1 | Fenêtre de calcul de la stabilité | 33 |
| 3.2 | Fenêtre du lancement des calculs de stabilité avec le logiciel Naval Designer | 33 |
| 3.3 | Fenêtre montrant la courbe de stabilité de GZ avec le logiciel Naval Designer | 34 |
| 3.4 | Fenêtre montrant la courbe de stabilité du moment d'inertie avec le logiciel Naval Designer | 34 |
| 3.5 | Fenêtre donnant les moments d'inerties avec le logiciel Naval Designer | 35 |
| 3.6 | Fenêtre donnant la synthèse de calcul avec le logiciel Naval Designer | 35 |
| 3.7 | Division des largeurs des plaques | 36 |
| 3.8 | Division des longueurs et largeurs des plaques en deux | 36 |
| 3.9 | Positionnement de la sole | 37 |
| 3.10 | Reliage des points de traçages | 37 |
| 3.11 | Découpe à la scie sauteuse | 37 |
| 3.12 | Découpe du contre-plaqué | 38 |
| 3.13 | Contre-plaqué séparé | 38 |
| 3.14 | Varangue | 39 |
| 3.15 | Pirogue | 40 |
| 3.16 | Liston | 41 |

Dédicaces

Je dédie ce mémoire à :

- Mes parents (AFANA ESSOGO JEAN, KASSA APPOLONIE), pour tous les sacrifices que vous avez consenti pour faire de moi ce que je suis aujourd'hui. . . .

Remerciements

Il serait un sacrilège pour moi, au terme du présent mémoire, de me dérober à cette tradition de remercier celles et ceux qui ont rendu possible l'aboutissement de ce travail, directement ou indirectement d'une manière ou d'une autre. A cet effet, j'adresse mes infinis remerciements :

- Au DIEU Tout Puissant pour la force, la santé, la sagesse et le réconfort qu'il m'a toujours accordé et qui dans le parfum de son amour infini pour moi ayant rendu possible la réalisation de ce mémoire.
- A mon directeur de mémoire le Professeur MUKAM FOTSING pour sa disponibilité, ses multiples conseils et enseignements édifiants et pour la supervision de ce travail.
- Au Professeur Owono Owono Luc Calvin, chef de Département de Physique pour ses enseignements et les conseils reçus.
- Une mention particulière à Mr SOKOM EFANDEN Marc pour son aide et sa disponibilité dans ce travail.
- À l'endroit de tous les membres du jury pour l'honneur qu'ils me font en acceptant de présider mon jury.
- À mes grands-mères NDZOMO AFANA Antoinette et FOUDA pour leur prières et encouragements qu'elles n'ont jamais cessés d'adresser en ma fa-

veur.

– À mes oncles et tantes : OVANGA ALBERT, ESSOGO ESSOGO Martine, EYEBI ESSOGO Isidore, NOAH ESSOGO Téléspore, BINDZI Paulin, ETOGO ESSOGO Athanase pour leur soutien tous azimut

– À mes frères et sœurs : EYEBI AFANA Isidore, NDZOMO AFANA Antoinette, NGA NDZODO AFANA Yolande, AFANA KASSA Herman, FOU DA APANA Cathérine pour le soutien moral remarquable et les prières.

Mes remerciements vont à l'endroit de tous les Enseignants du Département de Physique pour la qualité de leurs enseignements dispensés.

Je tiens également à remercier tous mes camarades de promotion pour leur engagement au travail qui quelque fois m'a booster au point de me remettre moi même au travail et avancer.

À tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à ma réussite je leur exprime mes sentiments les plus distingués.

Résumé

Dans le souci de se déplacer plus facilement sur l'eau, l'homme a mis sur pied des embarcations connues sous le nom de pirogues, Celles si sont généralement faites en bois. Notre travail à donc porter sur la réalisation d'une pirogue en bois. Dans notre travail, nous avons présenté l'historique de l'évolution des pirogues de l'antiquité jusqu'à nos jours ainsi que l'étude de la flottabilité et de la stabilité d'une pirogue. De manière général un corps flottant est soumis à deux forces (poids, la poussée d'Archimède) et pour le cas de la stabilité plusieurs facteurs interviennent notamment les notions sur la théorie du navire. Au cours de ce travail, nous avons étudié le processus de détermination de la position du centre de gravité d'un navire. Le matériel utilisé pour la réalisation de notre pirogue ainsi que le bois et ses différents constituants, ses propriétés, sa composition et ses propriétés d'hygroscopicité ont fait l'objet de notre étude. Puis nous avons parlé du contreplaqué et de ses différentes subdivisions. Les logiciels : Delfshift et Naval Designer nous ont permis de modéliser notre pirogue en bois. Nous avons fait le dimensionnement de notre prototype de pirogue avec le logiciel Naval Designer. Notre étude nous a permis de réaliser un prototype de pirogue en bois capable de porter deux personnes maximums. Cependant, ce prototype présente certains nombres de défauts liés au matériel utilisé (contre-plaqué) dont la durée de vie

est assez restreinte. C'est pour cette raison que pour l'amélioration de notre travail, il faudra utiliser la prochaine fois le bois massif qui résiste plus lorsqu'il est en contact avec l'eau. C'est un exercice auquel nous nous y prêterons lors de la réalisation d'un projet technique avec les élèves du secondaire. A coup sur cela stimulera l'inventivité et l'ingéniosité des élèves.

Mots-clefs : Pirogue, bois, réalisation, Delshift Naval designer, modélisation

Abstract

With the aim of move more easily on water, the man set up of the boats known under the name of dugouts, Those if are generally made out of wood. Our work with thus relating to the realization of a dugout out of wooden. In our work, we presented the history of the evolution of the dugouts of antiquity until our days as well as the study of the buoyancy and the stability of a dugout. In manner general a floating body is subjected to two forces (weight, the push of Archimedes) and in the case of stability several factors intervene in particular the notions on the theory of the ship. During this work, we studied the process of determination of the position of the centre of gravity of a ship. The equipment used for the realization of our dugout as well as wood and its various components, its properties, its composition and its properties of hygroscopicity were the object of our study. Then we spoke about plywood and its various subdivisions. Software : Delfshift and Naval Designer enabled us to model our dugout out of wooden. We made the dimensioning of our prototype of dugout with the Naval software Designer. Our study enabled us to produce a prototype of dugout out of wooden able to carry two people maxima. However, this prototype presents certain numbers of defects related to the equipment used (laminated) of which the lifetime is rather restricted. For this reason for the improvement of our work, it will be necessary

to use the next time the sawn timber which resists more when it is in contact with water. It is a exercise to which we will lend ourselves to it at the time of the realization of a technical project with the pupils of the secondary. Undoubtedly that will stimulate the inventiveness and the ingeniousness of the pupils Our study on the effect of paired pendulums, we will observe the impact of this one by introducing a wave in the system and by conducting a study on the different coefficients of reflexion and of transmission.

Keywords : Dugout, wood, realization, Delshift Naval designer, modeling.

Introduction Générale

Dans toutes les civilisations, pour se déplacer sur l'eau, l'homme a su construire des embarcations. Du tronc d'arbre creusé à la caravelle, en passant par la trière grecque et le drakkar viking, les performances relevaient des découvertes empiriques. Mais avec la seconde révolution industrielle pendant la 2^{ème} moitié du XIX^e siècle, l'introduction des sciences dans l'industrie a largement contribué aux progrès qui ont permis de construire toujours plus performant et plus grand. On pourrait penser que l'apport des sciences, en particulier de l'informatique, permet aujourd'hui de construire des bateaux uniquement d'après des formules mathématiques et physiques. La construction de ces derniers se fait généralement avec le bois qui est un matériau de construction. Le bois est alors capable de supporter des surcharges à court terme sans effets néfastes, il est probablement le premier matériau utilisé par les humains pour construire les bateaux. Or, les principaux paramètres à considérer sont trop variables en raison de la complexité du comportement du bateau, édifice non figé mais mobile, dans le milieu marin, environnement spécifique en perpétuel mouvement et souvent hostile (différents états de l'eau). C'est dans ce cadre que notre travail portera sur la fabrication et la réalisation d'une pirogue en bois. La question que l'on peut se poser est celle de savoir quelle est la procédure de réalisation d'une pirogue en bois ? Notre ob-

jectif dans ce travail est de concevoir une pirogue en bois. Pour y parvenir, nous choisirons les matériaux et les outils adéquates pour réaliser ce projet. Le travail se subdivise en quatre chapitres. Le chapitre premier sera consacré à la revue de la littérature. Nous y faisons un bref historique sur l'évolution des bateaux et l'étude de la flottabilité et de l'équilibre/stabilité de la pirogue Dans chapitre deuxième intitulé, matériels et méthode, nous présentons les logiciels Delfshift et Naval Designer et nous allons montrer la méthode utilisée Le chapitre troisième est réservé aux résultats obtenus au cours de notre étude et à la discussion. Nous allons présenter les étapes de construction de la pirogue obtenu de manière manuelle et ceux obtenus par le logiciel Naval Designer Le quatrième chapitre est consacré à l'implication du sujet sur le système éducatif. Enfin nous ferons une conclusion générale et quelques perspectives.

REVUE DE LITTÉRATURE

Introduction

Dans ce chapitre, nous allons donner la définition, description et origine du mot pirogue. Ensuite nous allons faire l'historique de l'évolution des pirogues, et enfin nous terminerons par l'étude de la flottabilité et de l'équilibre/stabilité d'une pirogue.

1.1 Définition, description et origine du mot pirogue

Une pirogue est une embarcation longue et étroite, souvent faite d'un seul tronc d'arbre creusé (monoxyle), mue à la voile ou à la pagaie et est parfois équipée de balancier. Les pirogues ne sont pas liées spécifiquement au domaine marin même si aujourd'hui leur utilisation persiste surtout dans les zones tropicales et équatoriales, en Afrique, en Asie du Sud-Est, en Océanie et dans quelques régions d'Amérique. Étymologiquement, le mot « pirogue » est sans doute à rapprocher du mot maya « piragua » désignant un petit canot, mot qui passa à l'identique en espagnol puis fut francisé. La pirogue peut aussi faire référence à :

- Kayak , appelé canoë au début des années 1900
- Waka (canoë) , une sorte de motomarine

– Canoë , un sport de pagaie

1.2 Historique de l'évolution des pirogues

L'invention de la pirogue est très ancienne comme en témoignent les embarcations des Néolithiques mises au jour par les archéologues lors des fouilles et de l'étude des cités lacustres. En Afrique de l'ouest, de grandes pirogues aussi appelées pinasses servent à la pêche en mer. Dans certains pays ou régions, le recul des forêts ne permet parfois plus de trouver l'arbre idéal, vieux de plusieurs siècles, voire de plus de 1000 ans pour construire les très grandes pirogues qui pouvaient accueillir des dizaines de personnes ou porter un poids important de marchandises. De l'antiquité jusqu'à nos jours, plusieurs pirogues ont été découvertes à savoir :

1.2.1 La pirogue du lac de Chalain

La pirogue du lac de Chalain dans le Jura, parfaitement conservée dans les marnes du bord du lac et visible au musée archéologique de Lons-le-Saunier en est un bon exemple. Des embarcations de ce type ont été utilisées jusqu'au Moyen Âge en Europe. On en a retrouvé plusieurs épaves en basse-Loire, datant d'une époque relativement récente. Les pirogues autrefois maniées à la perche, ou à l'aide de pagaie sont aujourd'hui propulsées par des moteurs parfois puissants, et construites avec des planches de bois assemblées ou d'autres matériaux que le bois.

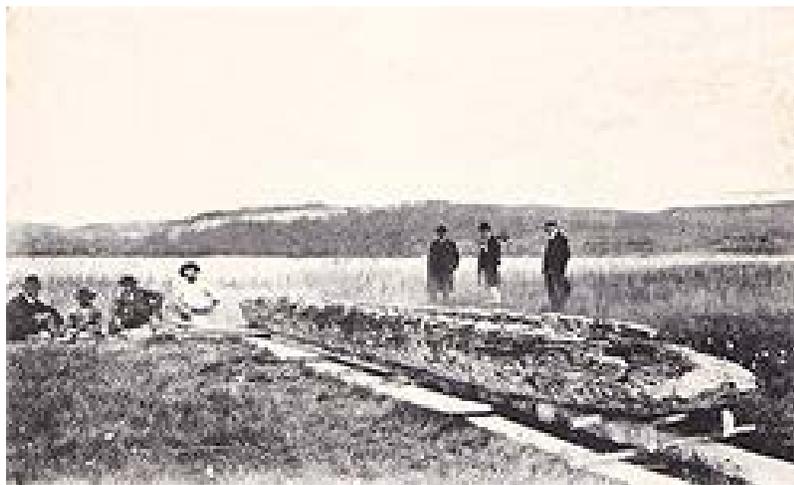


FIGURE 1.1 – La pirogue du lac de Chalain [1]

1.2.2 La pirogue à balancier

La pirogue à balancier est le principal voilier du Pacifique et de l’océan Indien, de construction économique, avec un minimum d’outils avec particulièrement de nombreuses variantes régionales, qui en font probablement le voilier le plus commun. Le modèle le plus courant est constitué d’une coque principale dont la partie inférieure est creusée dans un tronc (caractéristique des pirogues), quelquefois rehaussée de planches. La stabilité est assurée par un balancier : fréquemment un simple tronc de bois léger de faible diamètre.



FIGURE 1.2 – Pirogue à balancier en Nouvelle-Calédonie [2]

1.2.3 La pirogue en tronc d'arbre ou pirogue monoxyle

Une pirogue en tronc d'arbre ou pirogue monoxyle est un bateau fait en creusant un tronc unique en forme de pirogues. C'est une des sortes les plus anciennes de bateaux, avec les radeaux. On retrouve des pirogues en tronc d'arbre datant de la préhistoire en Europe et ce type de bateau est toujours utilisé dans certaines régions du monde. Cette technique permet de construire un bateau sans avoir à joindre des planches et morceaux de bois. Le creusement d'une pirogue est cependant un long travail et les bateaux obtenus sont très lourds par rapport à leur taille.



FIGURE 1.3 – Pirogue monoxyle [3]

1.2.4 La pirogue de transport de poisson

Les pirogues de transport ne participent pas à proprement parler à la pêche. Ces embarcations sont généralement des pirogues plus larges et plus profondes que les pirogues de pêche. Equipées de glacière, elles sont propulsées par deux moteurs hors-bords qui leur permettent d'arriver rapidement sur les lieux de pêche des bateaux de la flotte industrielle qui leur vendent le poisson, lequel sera débarqué aux mêmes endroits que les captures des pirogues de pêche.

1.2.5 La pirogue de course sans voile

Ce sont les pirogues respectant les traditions Tonga, creusées à la main pour faire des courses.



FIGURE 1.4 – La pirogue de course sans voile [4]

1.3 Etude de la flottabilité et de l'équilibre/ stabilité d'une pirogue

1.3.1 Flottabilité

Si on plonge une balle sous l'eau, elle réapparaîtra aussitôt à la surface. La force provoquant ce phénomène est appelée flottabilité. Quand un canoë flotte librement en équilibre, sa flottabilité est égale au poids du volume d'eau déplacé par le navire. La pirogue, comme tout corps flottant est alors soumis à deux forces : Son poids qui est une force verticale, dirigée vers le bas, appliquée à son centre de gravité G.

La poussée d'Archimède qui est une force verticale, dirigée vers le haut, appliquée au centre de carène C (centre du volume immergé du corps flottant) et égale au poids du volume du liquide déplacé (égale à $V \times \omega$ où ω : est la densité de l'eau et V : le volume de carène).

Ces deux forces s'exerçant naturellement sur tout corps en contact avec un

fluide sont donc à l'origine de l'équilibre de ce dernier au sein du fluide. Cependant, le corps flottant n'est en équilibre que si ces deux forces sont directement opposées et égales ; mais cette condition n'implique pas sa stabilité s'il est éloigné de sa position d'équilibre. En effet, pour un corps flottant donné (supposé indéformable), la position de son centre de gravité est fixe quelle que soit la position prise par ce corps. Par contre, la position du centre de carène où s'exerce la poussée d'Archimède est variable en fonction de la position du corps flottant par rapport au niveau de l'eau. Si le corps flottant est éloigné de sa position d'équilibre, sa flottaison change et même si le volume de la carène reste égal, il change de forme, donc le centre de gravité du volume immergé se déplace. Le corps est dit stable si, une fois éloigné d'une faible inclinaison de sa position d'équilibre, il y revient de lui-même grâce à un système de force tendant à annuler cette inclinaison. Lorsque l'on connaît la forme de la coque d'un navire, le concepteur, souvent un architecte naval, peut calculer le centre de carène pour les différentes situations de déplacement.

– Flottabilité intégrée pour navires non pontés

N'étant pas équipés de pont fixe étanche, les bateaux non pontés comme le canoë dont la structure n'est pas conçue et construite pour résister à une pression statique de l'eau sans fuite ne bénéficieront pas de l'étanchéité à l'eau et aux intempéries des navires pontés. La sécurité de ces navires non pontés peut donc être considérablement améliorée si on y installe des compartiments de flottaison étanches remplis de matériau solide flottant (léger). Et il est nécessaire que ces compartiments soient distribués de façon à ce que le navire reste à flot, à assiette nulle et sans gîte, afin de pouvoir écopper même si le navire est entièrement inondé.

1.3.2 Stabilité

Plusieurs facteurs interviennent dans l'étude de la stabilité d'une pirogue (navire). Pour déterminer la stabilité d'une pirogue, il est important de connaître toutes les notions utiles dans la théorie du navire. Il s'agit notamment des notions telles-que :

– TIRANT D'EAU : profondeur d'eau requise pour qu'un navire flotte librement ; c'est la distance verticale mesurée entre le dessous de la quille et la ligne de flottaison (Intersection du plan de flottaison avec la surface du flotteur).

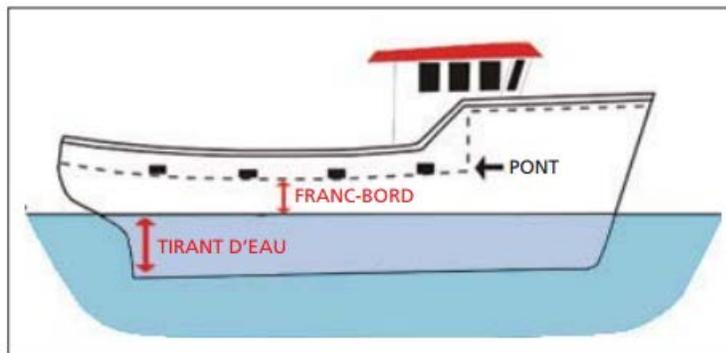


FIGURE 1.5 – représentation du tirant d'eau [5]

– GÎTE PERMANENTE : On dit qu'un navire subit une gîte permanente quand l'inclinaison du navire est causée par un phénomène intérieur, comme par exemple une dissymétrie de poids à l'intérieur du navire. Une gîte permanente réduit la stabilité du navire. Quand on corrige une gîte permanente en augmentant le déplacement en charge (le poids total du navire, à savoir poids réel d'un navire une fois terminé et prêt pour le service, mais vide plus la masse totale en tonnes que le navire peut transporter à son tirant d'eau maximum admissible (y compris le carburant, l'eau douce, les engins

de pêche, les provisions, l'équipage, etc.), le poids supplémentaire doit être placé dans la partie la plus basse possible du navire.

- GÎTE : La gîte est une inclinaison que prend le navire sous l'effet d'une force extérieure, par exemple les vagues ou le vent.
- GÎTE D'INSTABILITÉ : On parle de gîte d'instabilité quand le navire est penché en position stable et trouve son équilibre non pas en position droite mais à un certain angle de gîte, d'un bord ou de l'autre. Si une force extérieure, par exemple une vague ou le vent, provoque un changement de cet état, le bateau pourra trouver un équilibre au même angle de l'autre bord. La gîte d'instabilité est assez différente des autres inclinaisons (gîte permanente ou gîte) car elle est causée par des phénomènes différents et nécessite d'autres mesures pour la corriger. Il est donc très important que les canoéistes sachent faire la différence entre ces termes.

Stabilité transversale : Quand un navire flotte en équilibre (en position droite) en eau calme, le centre de la carène (force montante) et le centre de gravité (force descendante) se situeront sur le même axe vertical (au-dessus de la quille (K)) comme le montre la figure ci-après :

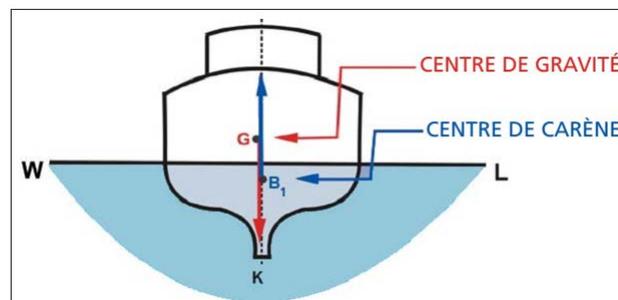


FIGURE 1.6 – représentation de la position du centre de gravité et du centre de la carène [6]

Si le navire est incliné par une force extérieure (c'est à dire sans que le poids interne ait été déplacé) une partie du volume de flottabilité se retrouve en dehors de l'eau d'un bord tandis qu'un volume similaire supplémentaire de flottabilité est immergé de l'autre bord. Le centre de carène étant le centre du volume immergé du navire, il se déplace alors du point B au point B₁ tel que représenté à la figure 1.7 ci-dessous.

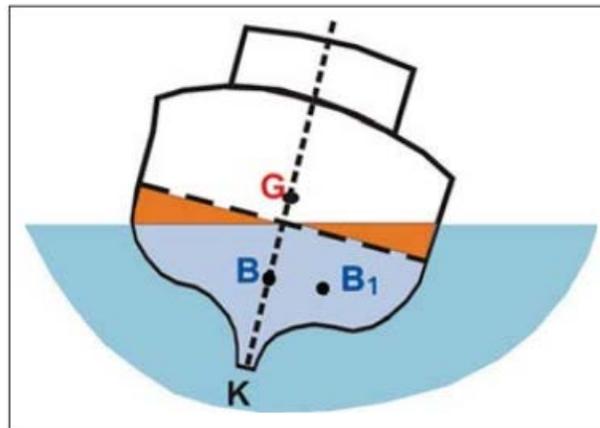


FIGURE 1.7 – déplacement du centre de carène [7]

De façon générale, Quand on incline le corps flottant d'un angle θ (voir Figure 1.8), la flottaison initiale notée ici fo-lo devient la flottaison isocarène f1-l1. La position du centre de gravité G ne change pas mais celle du centre de carène B se déplace et pour chaque inclinaison selon des axes différents, on obtient une surface gauche sur laquelle se déplace le centre de carène relatif à toutes les flottaisons isocarènes. Si on projette cette surface sur un plan d'inclinaison, on obtient une courbe B qui est l'ensemble des projections orthogonales des centres de carène isocarènes sur le plan d'inclinaison.

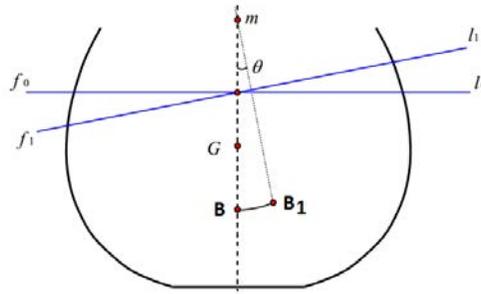


FIGURE 1.8 – représentation de la courbe isocarène [8]

En tous points de la courbe B, la tangente à la courbe est parallèle à la flottaison correspondante et en tous points, la poussée hydrostatique est portée par la normale à la courbe B. La figure 1.8 représente une portion de la courbe B (de B en B1). En première approximation, pour les angles d'inclinaison faibles, la courbe B possède un rayon de courbure dont le centre est le point m appelé métacentre. Le métacentre peut se comparer à un point de pivot quand le navire est incliné à de faibles angles de gîte. D'après la formule de Bouguer, la distance B-m est égale à :

$$\rho = \frac{I_{\Delta}}{V} \quad (1.1)$$

Avec :

ρ : Rayon métacentrique

I_{Δ} : Inertie de la surface de flottaison par rapport à l'axe d'inclinaison (mesuré en m⁴).

V : Volume de la carène (mesuré en m³).

Lorsque le navire est incliné de sa position d'équilibre sous l'action du vent par exemple, le centre de la carène se déplace de B à B1 et suite à l'application simultanée du poids P et de la poussée d'Archimède -P, il résulte l'apparition d'un couple de redressement qui tend à redresser le navire dont l'intensité est donnée par $M=P*GA$ où GA représente le bras de levier de redressement comme le montre les figures 1.9 ci-dessous

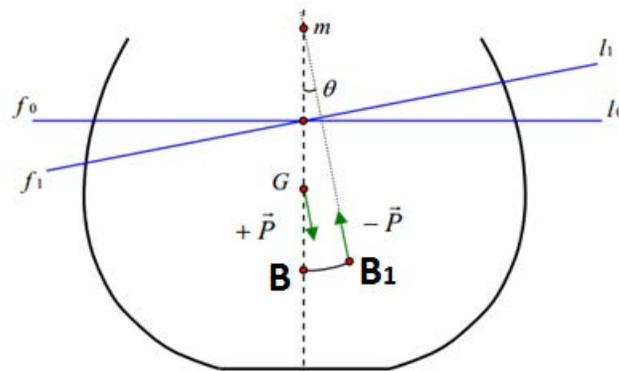


FIGURE 1.9 – couple de redressement [9]

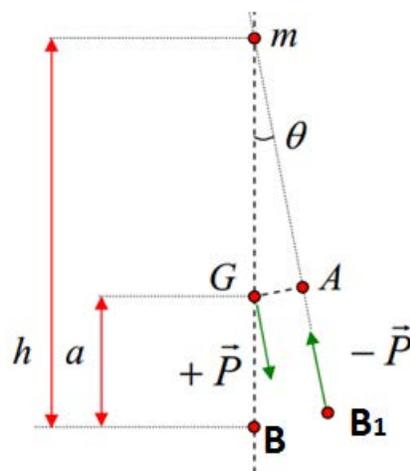


FIGURE 1.10 – Couple de redressement [10]

D'après les figures 1.10, Dans le triangle GMA, rectangle en A, on a :

$$GA = GM * \sin \theta = (h - a) \sin \theta$$

d'où

$$M = P * (h - a) * \sin \theta$$

Il ressort de cette expression du couple de redressement (moment de stabilité statique) que si le métacentre m est au-dessus de G, la distance (h-a) est positive et le couple tend donc à redresser le canoë; on dit que c'est un couple de redressement. Par contre, si le métacentre est en dessous de G, la distance (h-a) est négative et le couple tend à aggraver la gîte; c'est un couple de chavirement. Le couple de redressement sera d'autant plus fort que le bras de levier GA de ce couple est important, donc que le métacentre m sera situé d'autant plus haut au-dessus du centre de gravité. Pour qu'un navire soit stable, il suffit donc que son centre de gravité soit en dessous de son métacentre. Lorsque la position du centre de gravité (G) d'un navire coïncide avec le métacentre (M), on dit que le navire est en équilibre neutre (GM nul) et s'il est incliné à un petit angle de gîte, il aura tendance à se maintenir dans cette position.

STABILITÉ DYNAMIQUE

Ce facteur décrit les caractéristiques de stabilité d'un navire en mouvement (en particulier en roulis) et constitue l'énergie nécessaire pour incliner un navire à un certain angle de gîte et contrer ainsi le moment de stabilité statique. La stabilité dynamique peut être déterminée en mesurant la surface sous la courbe du bras de levier de redressement (courbe de GZ) jusqu'à un certain angle de gîte. Plus la surface est grande, meilleure est la stabilité dynamique. Les vagues sont

la force extérieure la plus commune provoquant la gîte d'un navire. Les vagues dont les pentes sont abruptes et aux longueurs d'onde réduites, en particulier les vagues déferlantes, sont les plus dangereuses pour les petits navires tels que les canoës. La relation entre la stabilité dynamique du navire et l'énergie des vagues est complexe et dépend de certains facteurs comme, par exemple, de la vitesse et du cap du navire par rapport à la vitesse et la direction de la vague. En général cependant, plus les navires sont petits, plus les vagues auxquelles ils sont capables de faire face sont petites.

Détermination de la position du centre de gravité du navire

- Cas d'un navire léger (vide)

De façon générale, Il existe deux étapes complémentaires qui doivent donner des résultats très similaires si ces étapes sont faites sérieusement pour la détermination du centre de gravité d'un navire quelconque que sont :

Le devis de poids : consistant à connaître, pour chaque élément constitutif du navire, aussi bien pour la construction elle-même que pour l'équipement et l'armement du navire, le poids de l'élément considéré et sa position exacte à bord. Chaque élément i de la figure 8 est ainsi associé à 4 informations : Le poids p_i et la position x_i , y_i et z_i selon les 3 axes de coordonnées OX / OY et OZ. Sur l'axe OY, il faut prendre des valeurs y positives ou négatives selon que le poids est placé à bâbord ou à tribord. La position du centre de gravité résultant du navire léger sera : alors

$$X_G = \frac{\sum P_i \times x_i}{\sum P_i} \quad (1.2)$$

$$Y_G = \frac{\sum P_i \times y_i}{\sum P_i} \quad (1.3)$$

$$Z_G = \frac{\sum P_i \times z_i}{\sum P_i} \quad (1.4)$$

Normalement, la valeur Y_g doit être proche de zéro si le navire a été construit de façon symétrique par rapport à son axe longitudinal. Sinon, il aura de la gîte dès son lancement qu'il faudra compenser par du lest solide

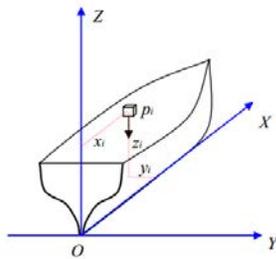


FIGURE 1.11 – position d'un objet dans un navire [11]

L'essai de stabilité : Le navire étant construit et lancé, on peut procéder à une expérience de stabilité afin de vérifier la position réelle de son centre de gravité.

REMARQUE : Dans le type de navire que nous étudions notamment le canoë, le débit de poids se réduit au poids de la construction car ne possédant pas de pont ni de réservoir. Cependant, il peut posséder de l'armement s'il s'agit d'une pirogue de pêche.

- Cas du navire en charge

Connaissant la position du centre de gravité du navire lège, il suffit de tenir compte maintenant de tous les poids supplémentaires variables qui constituent le chargement et l'équipement du navire (vivres, canons, équipage, lest, grément de rechange, etc.). Par définition, ces poids sont susceptibles d'être déplacés au cours de la vie du navire ou même au cours d'un voyage. Il faudra donc tenir compte de

| Description | p_i | x_i | $p_i x_i$ | y_i | $p_i y_i$ | z_i | $p_i z_i$ |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| Objet N°1 | | | | | | | |
| Objet N°2 | | | | | | | |
| Objet N°3 | | | | | | | |
| TOTAL des objets | $\sum p_i$ | | $\sum p_i x_i$ | | $\sum p_i y_i$ | | $\sum p_i z_i$ |
| Navire lège | P_L | X_L | $P_L \cdot X_L$ | Y_L | $P_L \cdot Y_L$ | Z_L | $P_L \cdot Z_L$ |
| GRAND TOTAL | | | | | | | |

TABLE 1.1 – tableau récapitulatif [12]

ces modifications à chaque calcul. On peut faire un tableau récapitulatif comme ceci :

La position du centre de gravité du navire chargé et équipé sera :

$$X_G = \frac{P_L \times X_L \sum P_i \times x_i}{P_L + \sum P_i} \quad (1.5)$$

$$Y_G = \frac{P_L \times Y_L \sum P_i \times y_i}{P_L + \sum P_i} \quad (1.6)$$

$$Z_G = \frac{P_L \times Z_L \sum P_i \times z_i}{P_L + \sum P_i} \quad (1.7)$$

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté l'historique de l'évolution des pirogues de l'antiquité jusqu'à nos jours et aussi présentés l'étude de la flottabilité et de la stabilité d'une pirogue. Nous avons vu que pour l'étude de la flottabilité, un corps flottant est soumis à deux forces (poids, la poussée d'Archimède) et pour le cas de la stabilité nous avons vu que plusieurs facteurs y interviennent notamment

les notions sur la théorie du navire. Enfin nous avons fait la détermination de la position du centre de gravité du navire. Il sera question dans la suite pour nous de présenter les différents outils nécessaires à la fabrication de notre pirogue en bois.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Introduction

Dans cette partie, nous allons présenter les différents outils que nous allons utiliser pour la réalisation de notre pirogue, ainsi que les différents logiciels.

2.1 Matériels utilisés

2.1.1 Le bois

Le bois est une matière ligneuse élaborée par un organisme vivant au milieu d'un écosystème. L'ensoleillement, la nature du terrain, l'altitude, la température ambiante, la pollution atmosphérique, interviennent directement sur la croissance des arbres.

L'origine végétale du bois explique ses particularités, mais aussi sa richesse et sa variété, en tant que support de finition. Matériau aux caractéristiques variables, présentant des singularités plus ou moins marquées, il se distingue sur ce plan des autres matériaux utilisés dans la construction : brique, ardoise, béton, acier, PVC, etc.



FIGURE 2.1 – Le bois [13]

2.1.2 Origine et composition du bois.

Le bois a pour origine l'arbre et le matériau qui nous intéresse le plus particulièrement est celui tiré du tronc. Pris dans son ensemble, le tronc comprend :

- Le rhytidome est la partie externe de l'écorce. Il protège l'arbre contre les attaques biologiques (insectes), contre les gelures, contre le dessèchement (coup de soleil) et contre les blessures (chutes de pierres).
- Le liber est la partie interne de l'écorce. C'est l'appareil conducteur de la sève élaborée (descendante) formée de glucose transformé en amidon. C'est pourquoi une blessure du liber (par ex. gravure au couteau de poche) peut freiner ou stopper la croissance de toute une partie de l'arbre.
- le cambium est le tissu de croissance de l'arbre. Les cellules vivantes du cambium se multiplient par division, croissent jusqu'à leur taille définitive, se rigidifient (croissance des parois cellulaires) et meurent. Ces vaisseaux cessent peu à peu d'alimenter l'arbre après quelques années. Ils se bouchent et s'imprègnent de différentes substances : tanins, résines, etc.

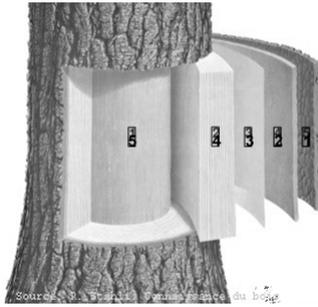


FIGURE 2.2 – Les parties du tronc [14]

La croissance se développe principalement dans trois directions : longitudinale (croissance en hauteur), radiale vers l'intérieur (xylème, formation du bois) et radiale vers l'extérieur (phloème, formation du liber).

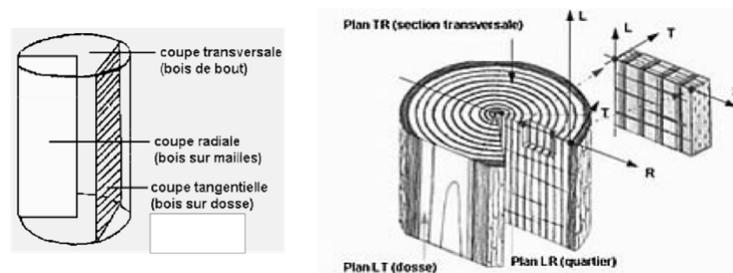


FIGURE 2.3 – Direction de croissance [15]

La croissance du cambium est périodique. Celui-ci, plus dense, se distingue souvent par une couleur plus sombre.

L'aubier représente le système conducteur de la nourriture de l'arbre, des racines à la couronne. Il transporte la sève brute (montante), un mélange de sels nutritifs dissous dans l'eau que les racines prélèvent du sol. L'aubier reprend aussi l'effort principal des charges mécaniques (en traction et en compression) dus aux vents.

Le bois de cœur (ou le bois parfait ou duramen) est l'élément de soutien central de l'arbre. En revanche, il ne remplit plus de fonction conductrice des substances

nutritives. Le centre du tronc, la moelle, peut, à partir d'un certain âge, être creuse.

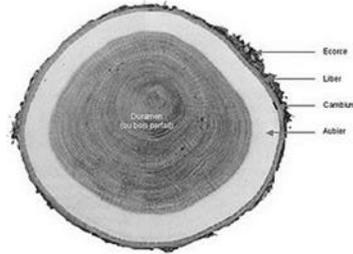


FIGURE 2.4 – Le bois parfait [16]

2.1.3 Propriétés d'hygroscopicité du bois

Les propriétés physiques et chimiques du bois sont fortement influencées par sa teneur en eau. La teneur en eau du bois est calculée en faisant le rapport de la quantité d'eau présente dans le bois sur la masse anhydre. On a :

$$MC = \frac{(m_h - m_0)}{m_0} \times 100 \quad (2.1)$$

Avec MC (en %) = teneur en eau (Moisture Content), m_h = masse du bois humide à la teneur en eau MC, m_0 = masse à l'état anhydre (après séchage du bois en étuve à 103°C).

Le bois sur pied contient une grande quantité d'eau qu'il transporte dans ses cellules (dans les porosités internes, ou lumen, et dans les parois). Une fois scié, le bois est généralement séché, il peut ensuite perdre ou reprendre de l'humidité au cours de son cycle de vie en fonction des conditions environnementales dans lesquelles il se trouve. Ces variations de la teneur en eau peuvent entraîner des variations dimensionnelles du matériau. On observe 3 états de l'eau présente dans le bois : l'eau libre, l'eau liée et l'eau de constitution.

Lorsque le bois est à l'état vert, l'eau est présente sous forme d'eau libre, elle remplit les lumens des cellules du bois sans aucune liaison avec les constituants pariétaux des trachéides. Cette eau s'écoule facilement des cellules, elle n'a aucun effet sur les comportements du bois et peu d'énergie est nécessaire pour l'évacuer. Elle est présente dans le bois lorsqu'il est saturé d'eau, jusqu'au point de saturation des fibres (PSF, pour MCbois= 30%). Ce point est atteint lorsque toute l'eau libre a été évacuée, il ne reste alors que l'eau liée aux parois cellulaires ainsi que l'eau de constitution.

En dessous du point de saturation des bres, il reste de l'eau liée aux constituants des parois du bois par des ponts hydrogène. Cette eau liée correspond à la deuxième forme d'eau dans le bois. Les variations hygroscopiques du bois entraînent des phénomènes de retrait et gonement du bois dans la plage du PSF jusqu'à MC= 0% : lorsque la teneur en eau diminue dans cette plage, les molécules d'eau sont extraites des parois, ce qui crée une rétractation des trachéides.

L'eau de constitution entre dans la composition chimique des constituants du bois et ne peut pas être extraite. Elle est même présente dans le bois à l'état anhydre. La teneur en eau du bois se stabilise à une valeur qui dépend des conditions de température et d'humidité relative de l'air ambiant. Cette teneur en eau d'équilibre, est appelée « équilibre hygroscopique du bois » (EMC), est identique quelle que soit l'essence pour un couple ($T^{\circ}C$, humidité relative (HR) de l'air) donné. Les courbes d'équilibre hygroscopique du bois permettent de déterminer la teneur en eau d'équilibre d'un bois en fonction de la température et de l'humidité relative de l'air ambiant.

2.1.4 Le contreplaqué

Il est confectionné en collant entre elles les couches fines du bois (placages déroulés). Ils se subdivisent en :

- Contre-plaqué de haute stabilité à l'eau, collé avec des colles de type ormo-phénolique
- Contre-plaqué de stabilité moyenne à l'eau collé à l'aide de résines aminoplastes (condensation d'amines avec l'aldéhyde formique)
- Contre-plaqué de résistance à l'eau limité collé à l'aide de colles protéiques.

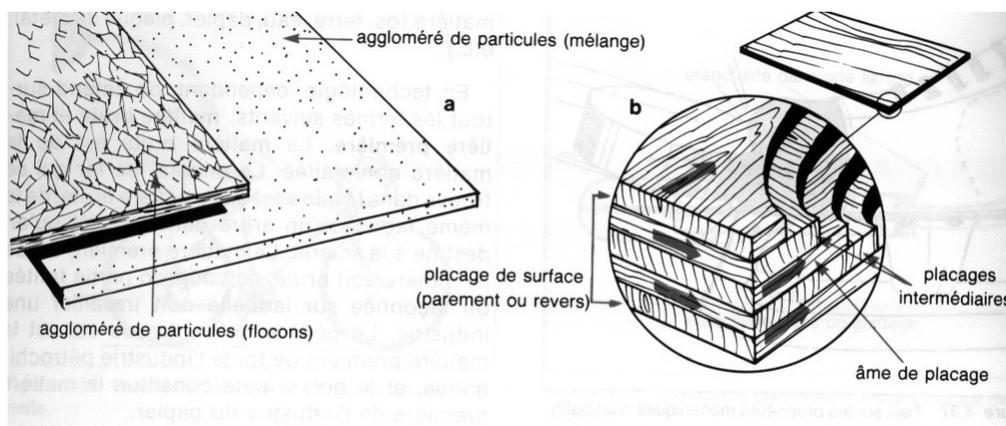


FIGURE 2.5 – Le contre-plaqué [17]

La longueur ou la largeur du contre-plaqué collé varie entre 725 et 1230 mm et l'épaisseur de 1,5 à 12 mm. Il est souvent utilisé pour les cloisons et revêtements internes du bâtiment.

Le bois est largement utilisé dans la construction pour les murs et les planchers, les poteaux, les divers appuis (fenêtres, portes), le coffrage, les échafaudages et les éléments de menuiserie, etc.

L'utilisation des colles synthétiques est recommandée pour la réalisation des assemblages parfaitement stables sans risque de corrosion comme il arrive parfois

dans les assemblages par clous ou par boulons. Dans ces conditions, la durée de service des éléments en bois est plus grande.

Pour préserver contre le danger d'incendie, il est intéressant d'utiliser des revêtements en plâtre, ce qui est reconnu comme très efficace, ou également des revêtements à base d'amiante.

2.2 Les logiciels utilisés

Il existe plusieurs logiciels de construction navale. Nous allons ici présenter deux à savoir le logiciel Delfship et naval designer.

2.2.1 Présentation de Naval Designer

Origine

Naval Designer est un logiciel de CAO 3D multi-surfaces. Il permet de dessiner toutes sortes d'objets géométriques, mais des notions spécifiques à l'architecture navale ont été introduites pour faciliter le travail de l'architecte naval. Naval Designer est un logiciel développé au départ pour des besoins personnels, l'idée de base est d'avoir un modeleur à la fois simple et puissant, et un module de calcul permettant de calculer les éléments les plus utilisés en architecture navale (surfaces, volumes, coeff. prismatique...). Naval Designer est conçu pour fonctionner sur PC sous Windows.

Principales fonctionnalités

Naval Designer est logiciel d'architecture navale intégré, c'est-à-dire qu'il intègre à la fois un modeleur graphique, un studio d'images de synthèse et des outils

de calcul spécifiques à l'architecture navale (Dessin de surfaces 3D, Manipulation intuitive des surfaces, Surfaces symétriques avec modification intuitive du plan de symétrie, Calcul de la surface des voiles et du centre de voilure etc...).

En bref, Naval Designer est un logiciel de CAO adaptée à la conception de tous types de navires. Il est accessible facilement par un débutant et puissant pour un utilisateur confirmé.

Systeme de coordonnées

Les surfaces sont représentées dans un système de coordonnées cartésien direct en trois dimensions. Ce système a été choisi car il est fréquemment utilisé dans les logiciels de CAO. Les axes sont :

X pour la largeur

Y pour la longueur

Z pour la hauteur

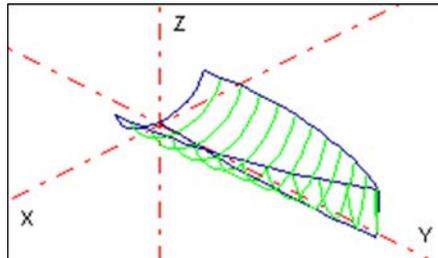


FIGURE 2.6 – Systèmes de coordonnées

2.3 Logiciel Delfship

DELFSHIP est anciennement appelé FREESHIP. FREESHIP emploie une technique appelée la modélisation de surfaces pour définir la forme d'un bateau. Cette technique permet de "sculpter" la coque comme si c'étaient un morceau

très mince et flexible de tissu par la traction et le décalage de points. Il n'est pas cependant limité seulement à la création de coques, ce que nous verrons plus loin : ponts, superstructures, mâts, quilles et gouvernails peuvent aussi être modélés de cette manière. À la différence d'autres programmes, FREESHIP emploie la subdivision de surfaces pour modéliser complètement le bateau. Les subdivisions de surfaces donnent au concepteur plus de flexibilité pour concevoir toute forme désirée. Mais si vous voulez maîtriser cette technique il faut que vous ayez une bonne compréhension de certains de ses principes fondamentaux. Le logiciel Delfship est extraordinaire. Il vous permet de dessiner en trois dimensions votre futur bateau très facilement. Une fois terminé, Delfship va vous calculer la forme et les dimensions de chaque panneau de contreplaqué à découper. Cerise sur le gâteau, il vous dira aussi comment les disposer sur les plaques de contre-plaqué pour optimiser la découpe.

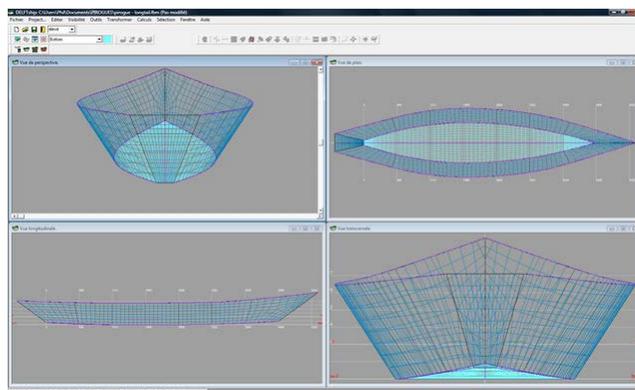


FIGURE 2.7 – L'interface de conception 3D du bateau – Delfship

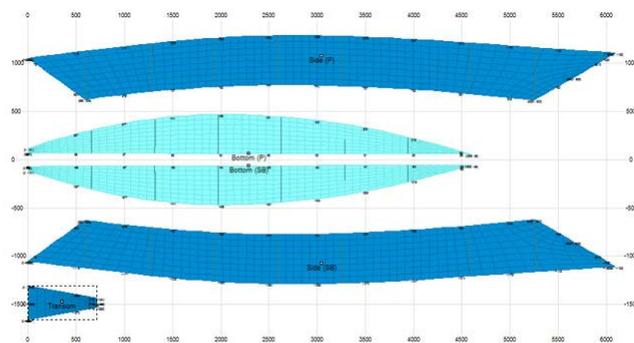


FIGURE 2.8 – Le plan de découpe sur les plaques de contre-plaqué

Modélisation des surfaces

DELFTSHIP utilise une technique appelée la modélisation de surfaces pour définir la forme d'un bateau. Cette technique permet de "sculpter" la coque comme si c'étaient un morceau très mince et flexible de tissu par la traction et le décalage de points. Il n'est pas cependant seulement limité à la création de coques, ce que nous verrons plus loin. Des ponts, superstructures, mâts, quilles et gouvernails peuvent aussi être modélisés de cette manière. Le plus gros avantage de la modélisation de surface est qu'un modèle peut être complètement et précisément défini en n'utilisant que quelques points. DELFTSHIP utilise la subdivision de surface pour réaliser cette tâche. Comparé à d'autres types de définition de surfaces, la division de surface donne au dessinateur plus de flexibilité pour dessiner la forme désirée.

Utilisation de la fenêtre modélisation de la coque

Zoomer, déplacer et pivoter Quand un nouveau modèle est ouvert, le programme ouvre 4 fenêtres par défaut. Chaque fenêtre a un point de vue différent

de la coque. La fenêtre dans laquelle le modèle est dessiné s'appelle le point de vue. Ces points de vue apparaissent également dans d'autres fenêtres, par exemple pour le développement des panneaux. Zoomer et déplacer se font de la même manière dans toutes ces vues.

Vous pouvez zoomer de différentes manières :

- Ctrl-A (zoomer tout)
- En pressant le bouton gauche de la souris et en déplaçant vers le haut ou vers le bas en gardant le bouton gauche pressé.
- Presser Ctrl-I or Ctrl-O
- Les utilisateurs ayant une souris à roulette peuvent trouver plus commode de zoomer avec la roulette de la souris. Déplacer la vue peut-être fait de la même façon avec le bouton droit de la souris.

NB : Si la vue affiche une perspective, les barres de défilement sont aussi visibles. Elles peuvent être utilisées pour faire pivoter et incliner le modèle pour le voir sous différents angles. Une autre manière intéressante pour faire pivoter le modèle est de presser la roulette en déplaçant la souris. Ceci ne marche que dans la vue de perspective.

2.4 Autres matériels

Pour la réalisation de notre pirogue, nous allons utiliser les matériaux et outillages suivants :

- Une petite plaque (2.5 m x 1.22m) de contre-plaqué de 5 mm tous plis okoumé de qualité CTBX " extérieur" ou de 5mm qualité marine.
- Colle époxy plus charges à joints congés haute densité. 3 kilos

- Collier de serrage de câble électrique, petite taille
- Morceau massif sans gros nœuds.
- Pour le liston, la serre bauquière section : 4 cm x 2cm, deux fois la longueur

de la pirogue.

- Les barreaux, sièges, aménagement : en fonction de vos approvisionnements.
- Tissu de verre 200 gr/m² ,10ML : stratification intérieur, extérieur.

• Perceuse, scie sauteuse, ponceuse orbitale (pas indispensable) , papier de verre, spatules, mèches d'un diamètre en fonction de la largeur des collier de serrage , pinceaux, rouleau laqueur.

2.5 La méthode utilisée

Pour la réalisation d'une pirogue, on peut utiliser plusieurs méthodes notamment le collage, cousu-collé, l'assemblage avec des vis etc. Ici, nous utiliserons la méthode cousu-collé qui est la plus facile à utiliser. Cette technique permet aux amateurs de construire rapidement et facilement un bateau, avec de bons résultats dès la première réalisation. Construire en cousu-collé est la méthode qui pardonne le mieux les erreurs.

La coque est construite en l'air sans le moindre chantier. Le bateau se monte sans erreurs possibles. Il n'y a pas besoin de nombreux renforts internes.

Plus besoin d'ajustage. Il n'est pas nécessaire que les pièces s'ajustent précisément pour faire une pirogue complètement homogène. Un assemblage présentant un jeu de 3 ou 4 mm, collé à l'aide d'époxy est aussi solide qu'un assemblage parfaitement ajusté.

2.6 Etapes de la réalisation manuelle de la pirogue

Les différentes étapes de la construction d'une pirogue en bois sont les suivantes :

- Tracer et découper le contre-plaqué
- Coudre la pirogue
- Coller la pirogue
- Aménager, protéger la pirogue

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté le matériel utilisé pour la réalisation de notre pirogue, nous avons parlé du bois et ses différents constituants ainsi que ses propriétés ainsi que sa composition et ses propriétés d'hygroscopicité. Puis nous avons parlé du contreplaqué et de ses différentes subdivisions. Ensuite nous avons fait une étude des différents logiciels que nous utiliserons par la suite à savoir : Delfshift et Naval Designer pour la modélisation. Enfin pour la réalisation de notre pirogue, nous avons présenté les matériaux et outillages pour la réalisation de cette dernière. Il sera donc question par la suite de réaliser la pirogue proprement dite c'est-à-dire présenter le résultat obtenu.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Introduction

Dans ce chapitre nous allons présenter les étapes de construction d'une pirogue obtenues par les résultats obtenus avec le logiciel de construction Naval Designer et la réalisation manuelle.

3.1 Résultats obtenus avec le logiciel Naval Designer

Pour cette partie, nous allons entrer les données dans le logiciel et lancer le calcul de la stabilité de notre pirogue :

- Set Weight : 35 kg
- Alignement de G et Z vertical ; densité de l'eau : 1.026 ; tolérance à la dérive 1% ; Angle de calcul 5% ; Angle de talon maximal 180°C.

Nous obtenons le portail ci-dessous sur le logiciel :

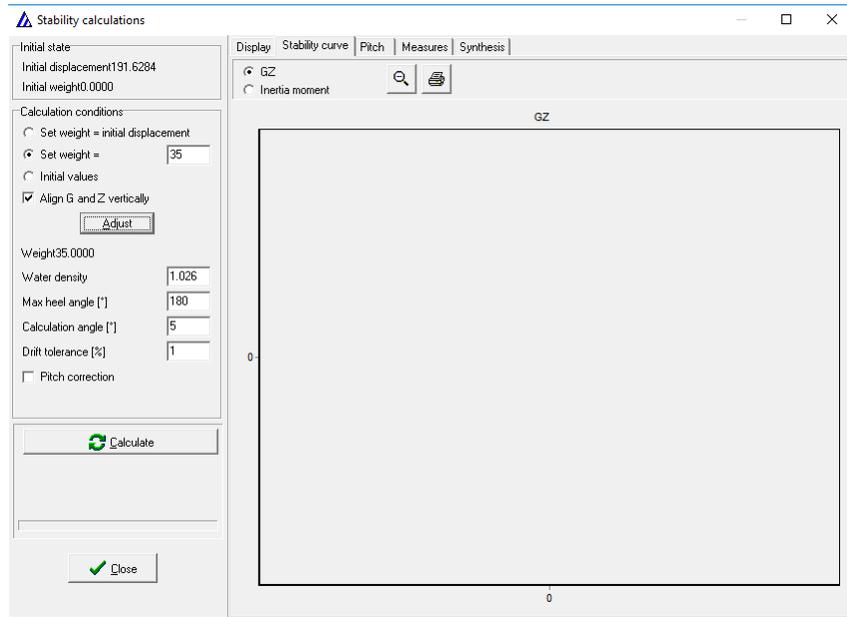


FIGURE 3.1 – Fenêtre de calcul de la stabilité

Lorsque nous ajustons et lançons le calcul nous obtenons comme résultat :

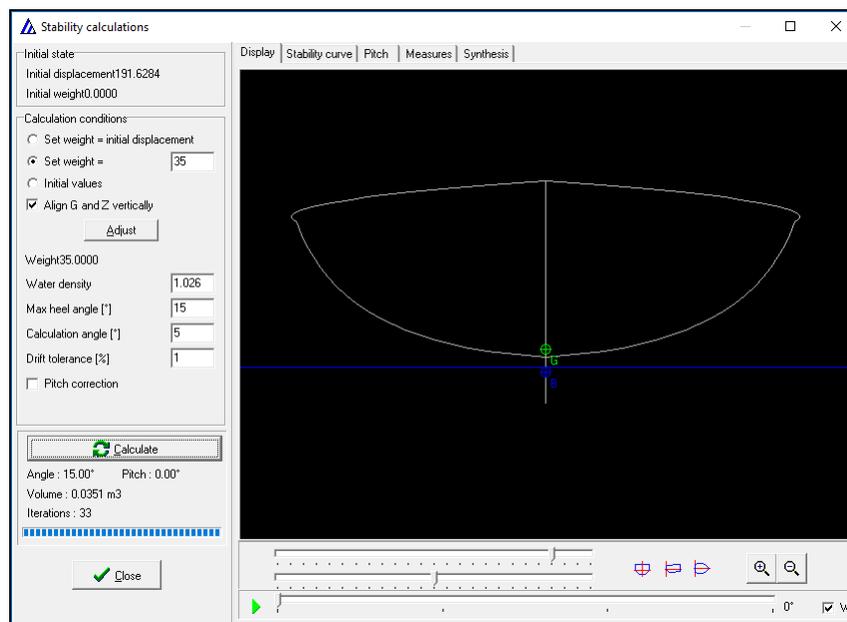


FIGURE 3.2 – Fenêtre du lancement des calculs de stabilité avec le logiciel Naval Designer

Après ce calcul, nous pouvons obtenir les différents résultats c'est-à-dire : la courbe de stabilité, les mesures et la synthèse de calculs donnés par les figures

ci-dessous.

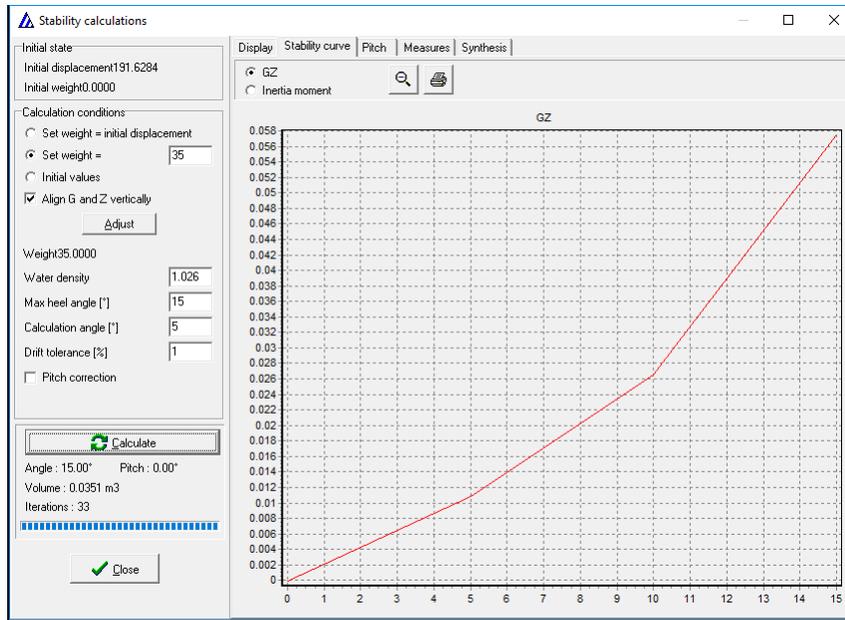


FIGURE 3.3 – Fenêtre montrant la courbe de stabilité de GZ avec le logiciel Naval Designer

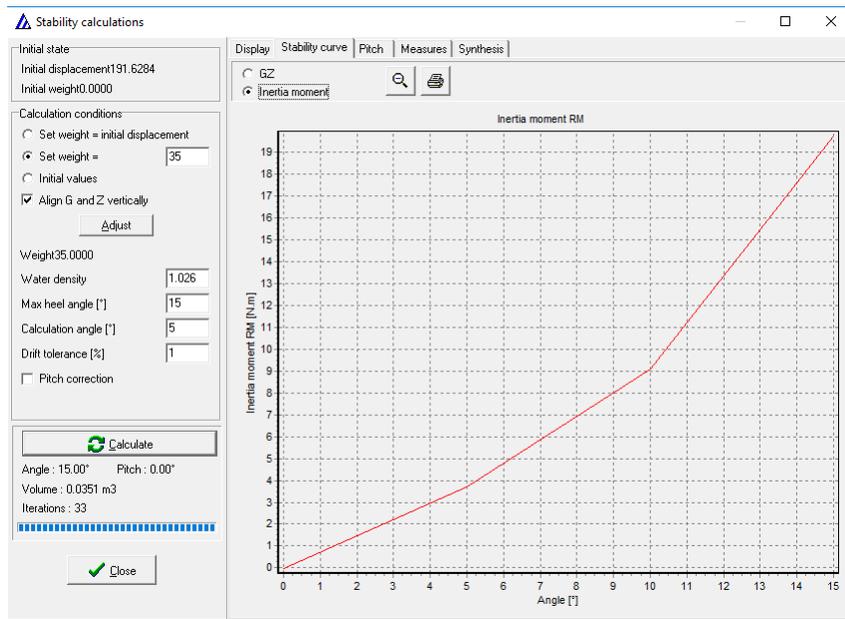


FIGURE 3.4 – Fenêtre montrant la courbe de stabilité du moment d'inertie avec le logiciel Naval Designer

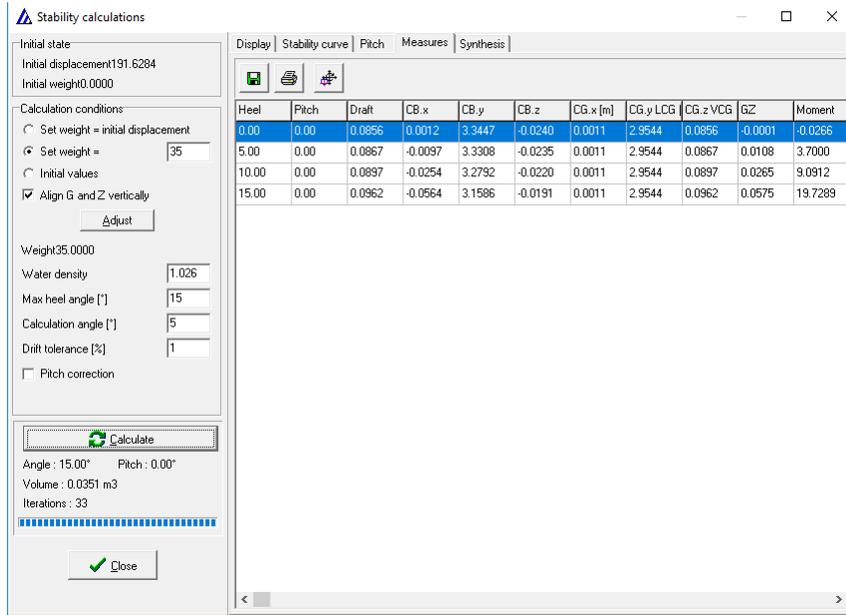


FIGURE 3.5 – Fenêtre donnant les moments d’inerties avec le logiciel Naval Designer

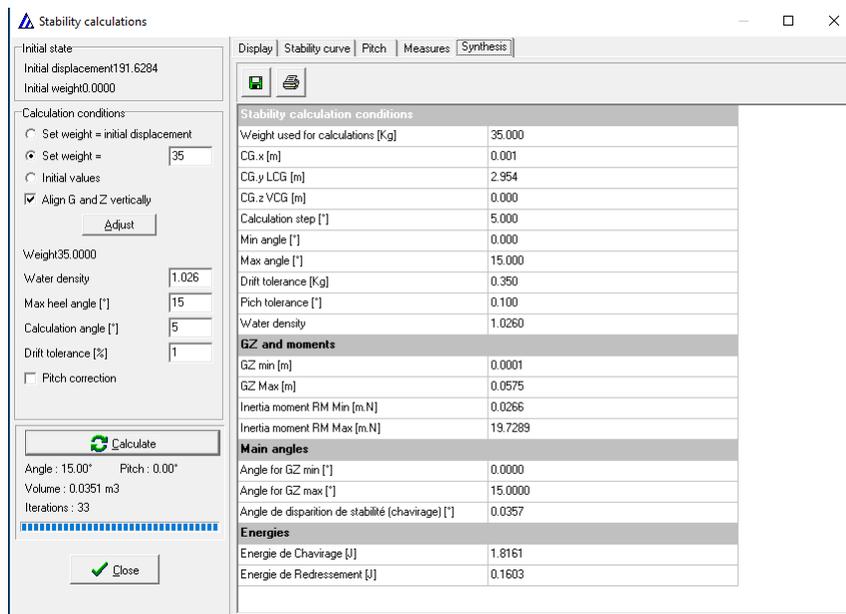


FIGURE 3.6 – Fenêtre donnant la synthèse de calcul avec le logiciel Naval Designer

3.2 Résultat de la réalisation manuelle

Les différentes étapes de la construction d'une pirogue en bois que nous avons eu à réaliser sont :

- Tracer et découper.
- Coudre la pirogue.
- Coller la pirogue.
- Aménager, protéger la pirogue.

3.2.1 Traçage et découpe de la plaque

Nous avons divisé la largeur de la plaque en trois parties égales et découper à la scie sauteuse les trois bandes.

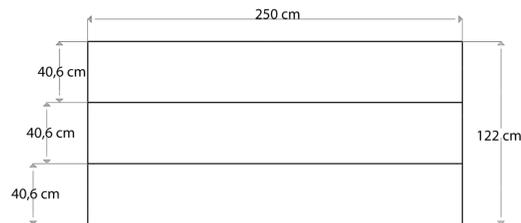


FIGURE 3.7 – Division des largeurs des plaques

Puis nous avons divisé la longueur et la largeur des plaques en deux, puis nous les avons reliés avec les pointes.

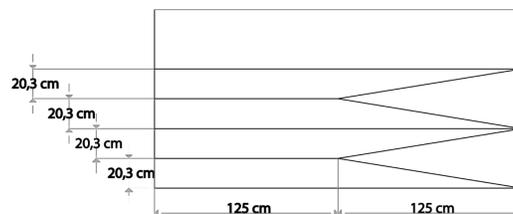


FIGURE 3.8 – Division des longueurs et largeurs des plaques en deux

Pour faciliter le traçage, nous avons positionné la sole et l'autre bande comme sur le schéma ci-dessous.



FIGURE 3.9 – Positionnement de la sole

Nous avons décalé les points de 2,6 cm vers le milieu et vers l'extérieur. Nous avons relié tous les points obtenus à l'aide d'une latte de traçage (liteau, baguette de bois). La latte assez raide est tenue à l'aide de pointe.

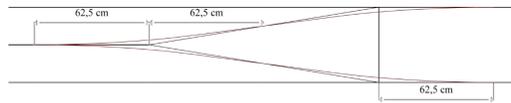


FIGURE 3.10 – Reliage des points de traçages

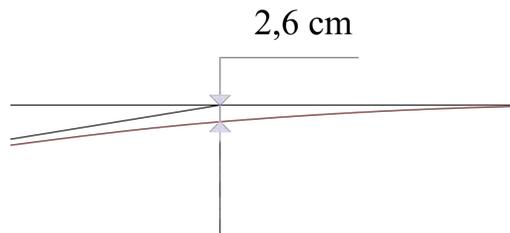


FIGURE 3.11 – Découpe à la scie sauteuse

Nous avons tracé et découpé à la scie sauteuse. Pour éviter de retracer de l'autre côté nous nous sommes servis du premier bordé comme gabarit pour tracer l'autre côté.



FIGURE 3.12 – Découpe du contre-plaqué

Nous avons donc obtenu le produit représenté ci-dessus, (il manque les quatre pointes avant et arrière).



FIGURE 3.13 – Contre-plaqué séparé

3.2.2 Coudre la pirogue

Avant de commencer le montage, nous avons fabriqué une varangue de la largeur de la sole au milieu, moins deux fois l'épaisseur des bordés. Elle a un angle de 60 degrés.



FIGURE 3.14 – Varangue

Nous avons utilisé des bandes de tissu de verre pour les assemblages entre les panneaux mais provisoirement, puis nous avons fixés des doublantes en contre-plaqué à l'extérieur pour coller l'intérieur. Nous avons positionné les différentes parties et fixé la varangue sur la sole au milieu. Puis fixé ensuite, grâce à des vis, les deux bordés dans la varangue. Nous avons fait des petits trous à 5mm des deux bords. Les trous doivent être bien face à face. Introduire le collier ou le fil de fer, serrer. Coudre ainsi progressivement la pirogue du milieu aux extrémités. L'écartement des coutures peut être aléatoire en fonction du comportement du contre-plaqué (20, 30cm) Si c'est mou resserrer les coutures.

3.2.3 Coller la pirogue.

Avant de faire la colle nous avons bien vérifié s'il n'y a pas de jour entre les bordées et la sole, que les assemblages en doublant ne font pas de cassures (que ça file dans le jargon). A l'aide d'une spatule droite que l'on arrondit d'un rayon de quatre fois l'épaisseur du contre-plaqué, nous avons appliqué la résine époxy entre les coutures en faisant des "points de soudure". On peut à ce stade coller

un renfort tissu de verre qui va faire l'assemblage de la sole. La résine polymériser poncer les "soudures" avec du papier de verre de grain 80. On peut enlever la varangue et les coutures. Nous avons complété les joints congés et stratifié dans la fouler l'intérieur de la pirogue.



FIGURE 3.15 – Pirogue

La pirogue est maintenant rigide, on peut la retourner et travailler l'extérieur. Arrondir l'angle entre le bordé et la sole avec un rabot à main et du papier de verre. Boucher tous les trous et autres jours.

3.2.4 Stratifier l'extérieur de la pirogue.

Nous avons collé les renforts longitudinaux et transversaux puis fabriqué un liston, une serre bauquière (voir les deux) ou un liston rainuré. Le liston rainuré demande un outillage spécifique (toupie, défonceuse). Il est rare de trouver des tasseaux de la longueur de la pirogue. Nous avons utilisé la technique des scarfs pour les assemblages.

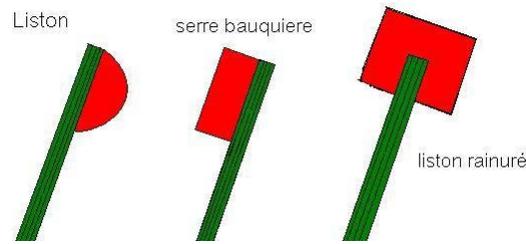


FIGURE 3.16 – Liston

Pour le renfort transversal fabriquer un barrot, le poser par vissage et collage au niveau de l'arrière de l'assise. Pour équilibrer la pirogue il faut décaler ce barrot d'environ 30 cm par rapport au milieu, en fonction du poids de l'utilisateur.

3.2.5 Aménagement et protection de la pirogue

On peut aménager la pirogue de différentes manières. Soit simplement avec un dossier et un cale pied. On peut aussi ponter la pirogue et ainsi rendre le bateau insubmersible. Il faudra dans ce cas poser des cloisons étanches et installer des trappes pour accéder aux coffres. La protection de la pirogue peut être très rapide grâce au vernis bi-composant. En 3 heures il est possible de faire deux couches à l'intérieur et deux couches à l'extérieur et de mettre la pirogue dans l'eau une fois le vernisse caoutchouché. Autrement tout est possible : imprégnation époxy plus vernis mono ou bi -composant, peintures, huiles d'imprégnation, peinture de décoration (camouflage), libre à votre imagination.

3.3 Discussion sur la validité du résultat obtenu

La pirogue ainsi réalisée à une longueur de 250 cm ; et sa largeur est de 40,6 cm ; sa hauteur est estimée à 20,3 cm pour un volume de 206,045 cm³. Cette dernière

a été réalisée dans les conditions favorables et présente les qualités suivantes :

Elle est facilement maniable c'est à dire que puisque nous avons utilisé les contres- planchés, l'assemblage sera très facile. Elle est utilisée pour réaliser la pêche dans les lacs et peut servir au déplacement des personnes et des biens, le déplacement rapide dans les zones rurales. Nous pouvons dire que cette pirogue a une durée de vie de 05 ans car nous avons utilisé un matériel bien traité et nous avons respecté les étapes de fabrication. Cette dernière peut accueillir une (01) personne mais nous pouvons envisager qu'elle peut accueillir deux (02) personnes d'une certaine masse.

Elle est fiable et peut résister. Mais elle présente aussi les défauts à savoir : le nombre de place est très limité, elle n'est pas destinée pour les grandes étendues d'eau, au fil des années elle va se décoller à cause de l'utilisation du contre-planché. La navigation sera beaucoup plus lente car il faudra utiliser la pagaie.

Pour le processus d'aménagement, comme il est difficile de trouver le type de bois requis pour construire la pirogue de bonne qualité, pour l'amélioration nous pouvons nous tourner vers le bois massif, augmenter les dimensions de la pirogue pour accueillir plus de personnes et si possible installer les moteurs pour la moderniser.

3.4 Conclusion

En somme, nous avons fait le dimensionnement de notre prototype de pirogue avec le logiciel Naval Designer c'est-à-dire nous avons introduit les données avant de réaliser les calculs, puis nous avons donné les étapes de réalisation de la dite pirogue suivant la méthode indiquée ci-dessus et les résultats obtenus de

cela (pirogue proprement dite). Notre prototype est donc capable de porter 02 personnes maximum mais elle présente certains défauts liés au matériel utilisé (contre-plaqué) qui n'aura pas une durée de vie assez longue. C'est pour cette raison que pour l'amélioration de notre travail, il faudra utiliser la prochaine fois le bois massif qui résiste plus lorsqu'il est en contact avec l'eau.

IMPLICATION SUR LE SYSTÈME ÉDUCATIF

Introduction

La conception et la réalisation de la pirogue en bois nous a permis de mettre en valeur certaines notions en physique et en technologie dans les programmes officiels en vigueur. C'est dans cette optique que nous présenterons l'importance de notre travail dans les activités d'enseignement et d'apprentissage, puis montrerons l'implication de notre sujet sur le plan du développement de notre pays.

4.1 PLAN SUR L'ENSEIGNEMENT ET LES APPRENTISSAGES

La construction de notre pirogue fait intervenir certaines notions vues dans les classes secondaires à savoir :

- Les notions sur les forces : elles peuvent mieux être assimilées par les élèves au travers de notre travail. L'enseignant peut donc faire le cours sur la notion des forces et utiliser le cas de notre pirogue comme une application pour montrer la condition d'équilibre d'un solide soumis à une ou plusieurs forces.
- La notion de poussée d'Archimède.
- L'enseignant de technologie peut bien l'utiliser dans le cadre d'un dessin tech-

nique pour montrer et représenter les différentes vues d'un objet technique, pour montrer comment réaliser un objet technique. A travers ce thème nous futurs enseignants pourront enseigner dans les Saar comment fabriquer et réaliser les maquettes des objets en bois aux enfants.

A titre d'illustration, dans le cadre d'un enseignement de physique en classe de 2nde C pour mieux assimiler la notion de force nous allons élaborer une fiche pédagogique

| Etapes | Introduction | Développement | Conclusion |
|---|---|---|--|
| Objectifs pédagogiques opérationnels intermédiaires | 1 Vérifier les prérequis 2 Communiquer des objectifs 3 Formuler le problème scientifique | 1 Ecrire la condition d'équilibre des forces 2 Enoncer et appliquer le théorème des moments pour déterminer les forces 3 Déterminer les forces inconnues | 1 Faire le bilan 2 Retour sur les objectifs 3 Remplir le cahier de texte 4 Donner les tâches à faire à domicile |
| Contenu spécifique à l'OPI | 1.Vérification des prérequis 2.Communication des objectifs 3.Formulation du problème scientifique | 1.Equilibre des forces 1.1 Dispositif expérimentale 1.2 Observation 1.3 Interprétation et conclusion 1.4 Définition de la notion de la force 2.Equilibre d'un solide mobile autour d'un axe 2.1 Effet d'une force sur un solide mobile autour d'un axe fixe 2.2 Définition du moment d'une force par rapport à un axe 2.3 Théorème des moments 3.Application : cas d'une pirogue | 1. Bilan des notions importantes traitées |
| Matériels ou supports didactiques | Craie, règle | | |

4.2 IMPLICATION SUR LE PLAN DU DEVELOPPEMENT

La pirogue est un moyen très important pour se déplacer dans les zones rurales. Il est donc très important qu'un enseignant sache fabriquer une pirogue car s'il est affecté dans les endroits reculés, il pourra concevoir et réaliser aisément sa pirogue et l'apprendre à ses élèves.

Cela contribuera au développement à travers :

- Comme moyens de transport : la population va quitter d'un point à l'autre plus rapidement. Le trafic sera maintenant plus rapide dans les coins où il y a de l'eau.

Conclusion

Dans cette partie, il était question pour nous de montrer l'importance de notre travail dans les activités d'enseignements et d'apprentissage et aussi l'implication sur le plan du développement de notre pays. Nous pouvons dire que la réalisation d'une pirogue permettra aux enfants du secondaire de mieux appréhender certaines notions que nous avons citées plus haut (notions sur les forces, poussée d'Archimède...) et ils seront plus aptes dans la pratique.

Conclusion générale et perspectives

Il était question dans notre étude, de présenter l'historique de l'évolution des pirogues en bois, depuis l'antiquité jusqu'à nos jours . Par la suite nous avons réalisé l'étude de la flottabilité et de la stabilité d'une pirogue. Ainsi, un corps flottant est soumis à deux forces (poids, la poussée d'Archimède). Pour le cas de la stabilité d'une pirogue, plusieurs facteurs y interviennent notamment les notions sur la théorie du navire. Aussi, la détermination de la position du centre de gravité de la pirogue s'est avérée importante. Le matériel utilisé pour la réalisation d'une pirogue, est constitué essentiellement du bois. Ses différents constituants ainsi que ses propriétés ainsi que sa composition et ses propriétés d'hygroscopicité ont fait l'objet de notre étude. Puis nous avons parlé du contreplaqué et de ses différentes subdivisions. Les logiciels tels que Delfshift et Naval Designer nous ont été utile pour la modélisation d'une pirogue en bois. Nous avons ainsi pu concevoir et réalisé une pirogue en contreplaqué. Elle avait une longueur de 250 cm ; une largeur de 40,6 cm ; une hauteur estimée à 20,3 cm pour un volume de 206,045 cm³. Cette dernière a été réalisée dans les conditions favorables et présente des qualités parmi lesquelles, sa maniabilité. Réalisée à grande échelle, elle peut être utilisée pour une activité de pêche dans les lacs ou encore pour le déplacement des personnes et des biens dans les zones rurales etc... Etant donné que le contre-plaqué n'est pas un matériau durable pour cette fabrication dans les prochaines études nous nous orienterons vers la construction des pirogues en fibre de verre.

Bibliographie

- [1] J.Ropas, Edition maritime et d'Outre-Mer,Paris,1962, la théorie du navire appliqué au navire du commerce.
- [2] R.Hervieu, Editions Masson, Paris,1985, in-8 ,Statique du navire
- [3] C. M. Bender, S. Boettcher, and P.N. Meisinger, J.Math. phys. 40, 2201 (1999).
- [4] C. M. Bender, D.C.Brody, and H.F.Jones, phys. Rev. Lett. 89, 270401 (2002)
- [5] www.transpolair.com www.marine.fm/fr/amundsenfr.htm
- [6] Andresen philipp et Chatelain Théophile (2005,2006), La modélisation dans l'architecture navale, page3.
- [7] Hannu's Boatyard (8 Avril 2009) Plan et dossier de construction de la pirogue Kito.
- [8] Delshift manuel d'utilisation français .
- [9] www.navaldesigner.com
- [10] Sir Ernest Shackleton, « L'Odyssée de l'Endurance », Phébus Libretto, 2000
- [11] C. Nordhoff et J. N. Hall, « 19 hommes contre la mer », Phébus libretto, 2002.
- [12] E. Berque et M. Berque, « Les mutins de la mer », Robert Lafont

CURRICULUM VITAE

IDENTIFICATION



Nom : ESSOGO AFANA

Prénom : Roger

Date et lieu de naissance : 11/03/1995 A Bangangté

Situation matrimoniale : Célibataire

Nationalité : CAMEROUNAISE

Tel : (237) 693 00 93 49

Adresse email: Rogeressogo@yahoo.fr

SITUATION SCOLAIRE ET ACADEMIQUE

| ANNEE | ETABLISSEMENT | DIPLOMES |
|------------------|--|---------------------------|
| 2018-2019 | Ecole Normale Supérieure de Yaoundé | DIPES II en cours |
| 2015-2016 | UNIVERSITE DE YAOUNDE I | LICENCE 3 PHYSIQUE |
| 2012-2013 | Collège Notre Dame de Béatitudes | Baccalauréat C |
| 2011-2012 | Collège Notre Dame de Béatitudes | Probatoire C |
| 2009-2010 | Collège Notre Dame de Béatitudes | BEPC |

AUTRES CONNAISSANCES

- **Capacité d'adaptation a toutes les conditions de travail.**
- **Bon sens de la collaboration en équipe.**
- **Maitrise de l'outil informatique**

LANGUES

- **Français : excellent**
- **Anglais : moyen**

DIVERS

- **Sport**
- **Musique**