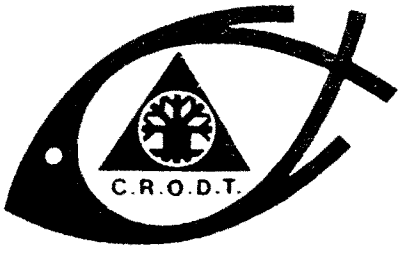
RAPPORT GENERAL DE REALISATION D'UN PROJET DE CONSTRUCTION D'UNE EMBARCATION DE SUBSTITUTION DES PIROGUES DE PECHE ARTISANALE

R. BRENDEL



ARCHIVE

CENTRE DE RECHERCHES OCÉANOGRAPHIQUES DE DAKAR - TIAROYE

N° 162

✱ INSTITUT SÉNÉGALAIS DE RECHERCHES AGRICOLES ✱

JUILLET 1988

RAPPORT GENERAL DE REALISATION D'UN PROJET DE CONSTRUCTION D'UNE EMBARCATION DE SUBSTITUTION DES PIROGUES DE PECHE ARTISANALE

par

René BRENDEL*

Ce document comprend :

- Rapport genéral
- Annexe I - Plans et documents de constructions
- Annexe II - Notice de montage
- Annexe III- Rappels de théorie du navire
  - Feuilles de calculs
  - Méthodes d'essai

L'étude de cette embarcation et sa réalisation à Ziguinchor ont été effectuées a la demande et avec la collaboration du projet PAMEZ.

* Assistant Technique au CRODT/ISRA

RAPPORT GENERAL DE REALISATION D'UN PROJET DE CONSTRUCTION D'UNE EMBARCATION DE SUBSTITUTION DES PIROGUES DE PECHE ARTISANALE

par

René BRENDEL*

1. POSITION DU PROBLEME

L'intérêt du remplacement de la pirogue traditionnelle par un autre type d'embarcation, ou de l'amélioration des conditions de réalisation de l'embarcation traditionnelle est depuis longtemps apparue et a suscité de nombreuses tentatives qui jusqu'ici ont toutes échouées pour des raisons diverses, parmi lesquelles on peut noter :

- coût trop important par rapport à la pirogue traditionnelle (pirogues plastiques, pirogue FAO).

- embarcation proposée inadaptée aux conditions d'utilisation locales, et de formes trop différentes de l'embarcation traditionnelle pour être facilement acceptée (Doris).

- embarcation satisfaisante a beaucoup de points de vue, réalisée en bois, mais de construction trop complexe pour être mise en oeuvre par les charpentiers traditionnels (pirogue FAO).

Les problèmes posés par la pirogue traditionnelle demeurent cependant et ont été exposés dans un document (rédigé par l'auteur du présent rapport) intitulé : "Perspectives d'amélioration de la pirogue sénégalaise" (N° 00 959 DOPM du 27 avril 1983).

Ils sont brièvement résumés ci-dessous :

- Nécessité de disposer d'un tronc d'arbre de taille suffisante pour permettre la réalisation du premier élément de la pirogue traditionnelle : le fond. Cette condition devient de plus en plus difficile à satisfaire en raison de la restriction des permis de coupe pour lutter contre la déforestation.

---

* Assistant Technique au CRODT/ISRA

- Liaisonnement très précaire des différents éléments constitutifs entre eux (fond, éperons bordés) rendant la pirogue fragile, peu durable, et très difficile l'obtention d'une bonne étanchéité.

- Mauvaise stabilité due au manque de possibilité dans le choix des formes des oeuvres vives en raison du mode de construction utilisé rendant l'embarcation fatiguante et dangereuse.

- Quasi impossibilité d'y installer un moteur diesel en raison du haut niveau de vibration engendré par le fonctionnement de ce type de moteur qui amène rapidement la dislocation de l'embarcation et des risques important d'envahissement par l'eau entrainant la mise hors d'usage du moteur si celui-ci est du type "in board".

2. CRITERES RETENUS POUR LA DEFINITION DE L'EMBARCATION OBJET DU PRESENT PROJET

Compte tenu des conditions a satisfaire pour la réussite du projet telles qu'elles se dégagent du chapitre I. Nous nous sommes fixés les critères suivants :

- Réaliser en bois une embarcation de taille moyenne (12 m) satisfaisant aux conditions suivantes :

. présenter une forme rappellant la pirogue traditionnelle
. être résistante et pérenne
. être étanche
. être dotée d'un stabilité raisonnable
. être d'un cout comparable à celui d'une pirogue traditionnelle.

Les conditions de sa réalisation doivent elles mêmes satisfaire aux règles suivantes :

- ne pas nécessiter sur le lieu de réalisation des embarcations d'autres outils que ceux actuellement utilisés par les artisans constructeurs de pirogues traditionnelles (scies à main, rabots à main, herminettes, vilbrequin et mèches à bois, marteaux tournevis) exception faite de serre-joints (12 à 13 serre-joints de 1 m).

- ne pas nécessiter de la part des artisans l'acquisition de connaissances professionnelles de niveau trop élevé.

- permettre la réalisation de l'embarcation à partir de planches brutes dans des dimensions faciles à obtenir chez les fournisseurs de bois d'oeuvre et généralement importés, en excluant les troncs bruts d'origine sénégalaise.

- La nécessité d'améliorer la résistance et l'étanchéité impose l'utilisation de matériaux nouveaux, le choix de ceux-ci sera fixé en fonction de la simplicité de leur mise en ouvre et si possible de leur disponibilité locale ou d'une disponibilité facile à organiser.

3. DEFINITION DE L'EMBARCATION

L'embarcation a été conçue de manière à satisfaire les critères suivants :

- Se rapprocher le plus possible du dessin des pirogues traditionnelles réalisées dans la région de Dakar (présence et forme des éperons, largeur hors tout, arc de la quille). Seule la largeur dans les fonds a été augmentée pour améliorer la stabilité latérale.

- Simplifier le plus possible la construction du navire en adoptant une structure longitudinale très proche de celle utilisée par les artisans traditionnels (seules des fausses membrures disposées dans des plans transversaux renforcent le bordé).

Toutefois, les raccordements "bout à bout" très généralement utilisés dans la construction traditionnelle ont été systématiquement remplacés par des raccordements décroisés de façon à améliorer très sensiblement la résistance des structures.

Un dessin judicieux des formes du bordé et du fond permet la réalisation du bordé par juxtaposition des planches constitutives sans autre ajustement qui celui rendu nécessaire par l'utilisation de bois brut de sciage dont la géométrie n'est malheureusement pas toujours parfaite.

L'assemblage est réalisé au moyen de vis zinguées et de pointes en acier galvanisé de longueur appropriée à l'épaisseur des pièces en présence.

L'étanchéité est réalisée au moyen de produit élastomère disponible sur le marché en tubes de 300 ml extrudable au moyen d'un pistolet, systématiquement disposé dans tous les joints, ceux-ci étant renforcés par des couvrejoints. Notons que les propriétés adhésives de ce produit contribuent notablement au renforcement des liaisonnements.

L'embarcation est finalement constituée des pièces principales suivantes :

- d'une planche de fond taillée en forme, longueur 12 m épaisseur 60 mm largeur 800 mm.

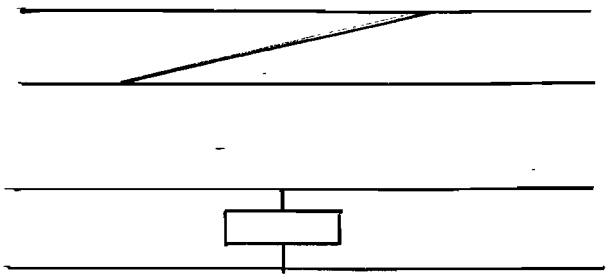
- de deux éperons massifs solidement fixés aux extrêmités du fond (2 m x 0.30 x 0.40).

- de deux bordés constituée chacun de quatre planches de 12 m x 0,20 m x 30 mm, reliées entre elles par 12 jambettes de 0,80 mm x 40 mm x 40 mm, dont la première est fixée sur le chant du fond, la première et la seconde sé raccordant latéralement sur les éperons.

- de deux tableaux inclinés (fargues) fixés sur les extrêmités intérieures des éperons et recevant latéralement les deux planches supérieures de chacun des deux bordés.

Une enquête menée chez les fournisseurs de bois d'oeuvre de Dakar a montré qu'une bonne disponibilité n'existe que pour des planches d'une longueur maximale de 7 m et d'une largeur n'excèdant pas 0 m 40.

Compte tenu de ces contraintes supplémentaires, le fond a été constitué de quatre planches de 6,50 m x 0,40 m x 60 mm reliées bout à bout 2 à 2 par un collage en biseau et latéralement par rainure et languette.



liaison longitudinale

liaison transversale

De même chaque planche de bordé est réalisée au moyen de deux planches de 7 m x 0,21 m x 30 mm reliées bout à bout par un collage en biseau.

Ces derniers collages sont effectués au moyen de colle marine a deux composants "mélocolle 306" choisie pour ses performances adhésives particulièrement élevées et sa grande simplicité de mise en oeuvre.

<u>En annexe 1</u> figurent les plans généraux de l'embarcation, la nomenclature des éléments constitutifs et les tableaux de côtes permettant le tracé du fond et le montage.

<u>En annexe 2</u> une notice détaillée de montage.

En annexe 3 figurent les calculs de poids, de position verticale du centre de gravité, de flottabilité de stabilité, et de résistance à l'avancement.

4. CONSTRUCTION

4.1. Généralités

La construction de l'embarcation prototype a été réalisée à Ziguinchor du 11 au 26 avril 1988 soit 13 journées 1/2 de 10 heures de travail effectif les divers éléments étant prépeints par les soins du PAMEZ avant le début des travaux.

Ces travaux ont été réalisés avec le concours de cinq stagiaires recrutés par le PAMEZ, dans ses différents centres, dont la liste suit :

Omar	DIABANG, Kafountine
Sankou	SAMBOU, Thionk Essyl
Simon	BADJI Ziguinchor (menuisier)
Ibou	DIEME Thionk Essyl
Khadiary	DIEDIOU Ziguinchor (menuisier).

Sauf les deux stagiaires dont la profession de menuisiers est mentionnée sur la liste ci-dessus ces stagiaires étaient tous charpentiers traditionnels et leur qualification professionnelle limitée aux habitudes résultant de leur profession. Tous parlaient très suffisamment le français et ont fait preuve pendant tout le stage d'un esprit de collaboration très marqué.

L'outillage nécessaire aux travaux dont la liste suit était fourni par le PAMEZ.

En plus de l'outillage cité dans la première partie de ce document (scies agoines, rabots à main, marteaux, tournevis, vibbrequins, herminettes) nous disposions à ma demande dans le but d'accéler les travaux et de réduire ainsi la durée de mon intervention :

- d'une scie sauteuse capacité 60 mm
- d'un rabot électrique
- d'une perceuse électrique.

Enfin le PAMEZ avait acquis 13 serre-joints (0,80 m et 1 mètre) 3 équerres et 3 fausses équerres ainsi qu'un certain nombre de mètres rubans et 2 règles (1 mètre et 4 mètres) réalisées dans une menuiserie locale.

La construction a été réalisée successivement dans les garages couverts de l'immeuble du PAMEZ et sous un hangard du port de commerce.

4 . REALISATION

Planning de construction

La construction de l'embarcation c'est déroulée en deux phases :

- 1ère du 11 au 16 avril (5 jours 1/2 de travail effectif), Préparation dans les garages couverts de l'immeuble du PAMEZ des divers éléments constitutifs de l'embarcation.

- Préparation des quatre planches du fond
- Réalisation de deux fois, deux biseaux pour le raccordement longitudinal.
- collage de deux planches constituant 1/2 fond.
- traçage et découpe du fond
- préparation de tous les chants du fond
- préparation des languettes et collage dans un 1/2 fond.

- Préparation des huits planches de bordé de 13,5 m

Réalisation de 16 biseaux et collage deux à deux de 16 planches de 7 mètres.

- Préparation des éperons
- Ebauche effectuée à l'aide d'une scie en grumes de la scierie de TOBOR - (Opération destinée à accélérer la construction mais pas indispensable).

- Finition aux côtes du plan, à l'herminette.

2ème phase, du 10 au 26 avril au port de commerce

- Assemblage et collage du 1/2 fond réalisé au cours de la 1ère phase avec les deux autres parties du second 1/2 fond.

- Assemblage général de l'embarcation
- Peintures de finition 1ère couche.
- Mise à l'eau au moyen d'une grue mobile du port autonome.

3.3. Difficultés rencontrées

La construction s'et déroulée exactement dans les conditions prévues, décrites en détail dans l'annexe 2 du présent rapport.

Les seules difficultés rencontrées ont été les suivantes.

- Importantes déformations des différents planches dues au séchage prolongé après sciage consécutif à l'entreposage pendant 10 mois dans les locaux de l'école de formation maritime à Dakar.

Ces déformations se sont traduite par :

Des difficultés d'assemblage des bordés (non linéarité, déformations transversales) qui ont nécessité de nombreuses retouches au rabot, qui faute de temps n'ont pu être parfaites et seront sources de fuite à la mise à l'eau.

- La nécessité de rebuter les planches destinées à la confection des fargues et du puits moteur qui ont du être réapprovisionnées étant trop déformées pour être utilisables.

- Sciage très grossier de certains éléments (dont les couvrejoints) rendant difficile l'adhésion de l'élastomère (autre source de fuite). Une solution consiterait à faire livrer les couvre-joints une face rabotée.

- Manque de précision dans la réalisation de la rainure d'une des 4 planches de fond par la Société SAIB bois à Dakar.

L'une des 4 rainures a été réalisée à la côte de 25 mm au lieu de 30 mm prévu.

- Une tentative de retouche à l'atelier dioçaisain de Ziguinchor s'est traduite par la destruction du bord de la planche.

En conséquence il a été nécessaire :

- de couper 30 mm dans la largeur de la planche.

- de refaire totalement la rainure (à l'aide d'une défonceuse électrique portative ce qui au moyen d'un outil approprié (ce qui n'était pas le cas à Ziguinchor) peut être un moyen commode de réalisation).

- de coller latéralement une pièce de bois à la mélocolle 306 pour retrouver la largeur initiale.

- Dégradations provoquées par le transport du bois
Pratiquement toutes les lèvres des rainures ont éclatées sous l'effet de chocs subits pendant le transport nécessitant littéralement de "recoller les morceaux" avant le début des travaux.

- Difficultés d'approvisionnement de l'élastomère
- La quantité nécessaire d'élastomère a été notablement sous estimée. Il avait été prévu 10 cartouches de 300 ml, 27 ont été nécessaires et 30 constituerait pour l'avenir une bonne prévision.

Cette circonstance a néanmoins eu un effet heureux, car les réapprovisionnements successifs à partir de Dakar (ce produit n'est pas tenu en stock à Ziguinchor) s'ils ont pris beaucoup de temps ce qui a nuit sensiblement à la vitesse d'exécution, a permi d'essayer trois produits différents.

- GEBSICONE (base silicone) fournisseur BUAN et TEISSEIRE).
- SIKAFLEX (base poliurethane) fournisseur CFAO.
- RUBSON MASTIC (base inconnue) fournisseur BERNABE.

Des trois produits c'est indiscutablement le SIKAFLEX qui donne le meilleur résultat. Il est à noter que sur un réapprovisionnement de 20 cartouches de ce dernier produit, 18 étaient entièrement polymérisées avant ouverture des cartouches ce qui à nécessité un nouvel envoi.

Le coût de ces produits, a varié de 2800 à 9000 F la cartouche de 300 ml suivant les divers approvisionnements. Une sérieuse sélection et entente pour approvisionnement continu ultérieur est donc à faire.

Par ailleurs, un autre produit, le BITUMASTIC quoi que de nature tout à fair différente mais beaucoup moins cher pourrait être essayé. (Ever Fast ,fournisseur BERNABE)

- Difficultés de collage des biseaux sur les différentes planches

Ces diffécultés étaient dues à l'angle trop important des biseaux qui entrainait un glissement longitudinal lors de la mise en pression par les serre-joints. Plusieurs raccordements se sont rompus de ce fait lors de manipulations ultérieures, la pression exercée au moment du collage s'étant revelée insuffisante.

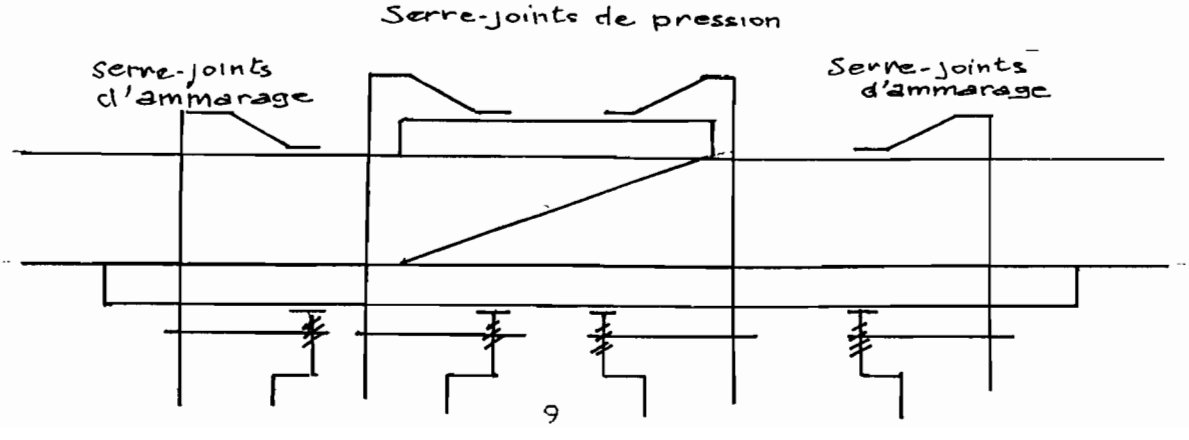
Pour palier à cet inconvénient il y a lieu :

- de diminuer l'angle du biseau (6 à 8 fois l'épaisseur de la planche à coller pourrait être suffisant).

- d'utiliser pour effectuer le collage le montage suivant.

- Mettre sous la planche une contre planche dépassant largement les limites du collage et amarrer dessus les deux planches à coller au moyen de deux serrejoints ne participant pas à la pression.

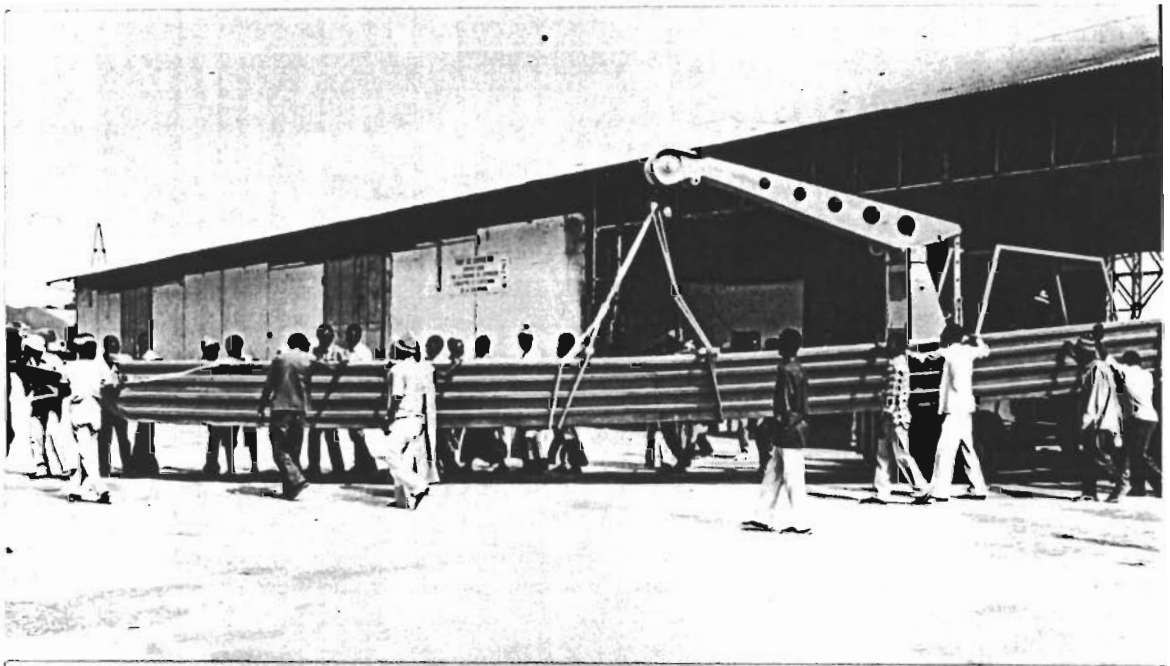
Dans la zone de collage disposer sur les plaches à coller, un peu à l'intérieur des limites du collage une autre planche sur laquelle s'exercera la pression des quatre ou 6 autres serre-joints suivant les dimensions de la pièce à coller.



5. ESSAIS

La mise à l'eau a été faite au moyen d'une petite grue mobile louée au port de commerce de Ziguinchor, car la distance entre le lieu de construction et le bord du quai était d'environ 50 m et le quai lui-même haut de plus de 2 mètres.

Les deux photographies du dessous rendent parfaitement compte de cette opération.



5.2. Résitance mécanique

Dès la mise en place des deux éperons et des deux premières planches de bordé, la pirogue a présenté une grande rigidité, supportant sans déformation le retournement, effectué sans précaution particulière, nécessaire à l'affleurement des deux premieres planches de bordé et du fond.

Au cours du transport et de la mise à l'eau, bien que du fait de la très faible hauteur sous crochet de la grue il ne fut pas possible d'écarter les élingues de plus de 1,50 m ce qui introduisait au milieu de la pirogue un moment fléchissant considérable (près de 1500 m kg) elle n'a présenté aucune déformation visible ni fait entendre de craquement.

Il est très douteux qu'un embarcation traditionnelle ait pu supporter de telles contraintes sans avaries.

5.3. Etanchéité

Dès la mise à l'eau, un certain nombre d'entrées d'eau sont constatées.

Elle intéressent :

- la liaison bordé, fond (faibles et peu nombreuses)

- les liaisons entre bordés (plus nombreuses et importantes). Les causes en sont celles décrites au chapitre IV-3 (difficultés rencontrées).

Leur origine étant clairement reconnue et les améliorations à apporter à la construction pour les supprimer évidentes, elles ne présentent aucun caractère de gravité, ni pour l'embarcation prototype, ni pour une suite éventuelle au projet.

5.4. Stabilité

5.4.1. Pirogue prototype

L'expérience de stabilité a été conduite dans les conditions décrites dans l'annexe 3. L'embarcation étant à flot par faible fond de façon à permettre l'expérimentation sans embarquer d'opérateur et perturber ainsi l'expérience.

Les résultats suivants ont été obtenus : (masse 40 kg, longueur du pendule 1 m)

POSITION DE LA MASSE/AXE (CM)	COUPLE M KG	DEVIATION DU PENDULE (CM)	ANGLE DE GITE (DEGRES)
0	0	0	0,00
10	4	2	1,14/100
20	8	4.25	2,43/100
30	12	5.7	3,26/100
40	16	8.25	4,71/100
50	20	10.3	5,86/100
60	24	11.3	6,56/100
70	28	15.3	8,70/100

Un essai complémentaire a été effectué en embarquant une personne de 83 kg en abord (distance de l'axe 0,70 m environ - couple 58.1 m kg - Elongation 26',5 cm angle de gîte 14°,84/100).

Si l'on considère le point numéro 3 du tableau (couple 8 m kg $tg\alpha = \sin\alpha = \theta r = 0.0425$)

on a :

$$\rho - a = \frac{C}{P \sin\alpha} \quad \text{avec } P = 1110 \text{ kg}$$

$$\rho - a = \frac{8}{1110 \times 0.0425} = 0.169 \text{ m}$$

Cette valeur est légérement supérieure à celle trouvée par le calcul effectué dans l'annexe 3 qui est le 0.145 m.

Cet écart peut être du à une légère différence de densité entre les bois utilisés pour la construction du fond et ceux utilisés pour la construction des bordés, ces derniers apparaissant à l'usinage moins durs et moins compacts donc surement de densité inférieur ce qui aurait pour effet d'abaisser légérement le centre de gravité et par la même d'augmenter la valeur du terme (ρ -a).

5.4.2. Comparaison aux pirogues traditionnelles

Une pirogue traditionnelle de type NIOMINKA de même longueur étant mouillée à proximité de l'endroit où ont été effectués les essais de la pirogue prototype, nous avons effectué sur elle les mêmes essais, dont les résultats ont été les suivants (masse 40 kg - longueur du pendule 1 mètre.

POSITION DE LA MASSE/AXE (CM)	COUPLE M KG	DEVIATION DU PENDULE (CM)	ANGLE DE GITE (DEGRES)
0	0	0	0.00
0.10	4	2.5	1.43
0.20	8	5	2.86
0.30	12	7.5	4.29
0.40	16	9	5.14
0.50	20	11.3	6.45
0.60	24	13	7.40
0.70	28	14	7.97
0.80	32	15.5	8.81

Le poids de cette pirogue étant inconnu nous comparerons les termes $P(\rho-a) = C/\sin\alpha$.

Pour le point N° 3, nous avons :

$$P(\rho-a) = 8/0.05 = 160$$

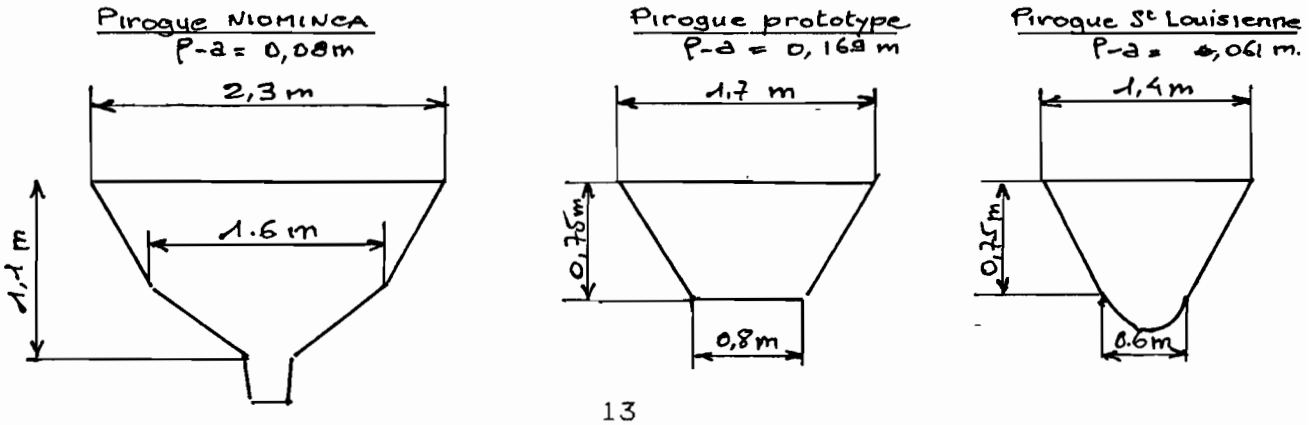
et pour la pirogue prototype

$$P(\rho-a) = 8/0.0425 = 188.2$$

Si nous faisons une supposition sur le poids de la pirogue qui compte tenu de ses dimensions et de son échantillonnage, peut être estimé à au moins deux tonnes, nous avons

$$(\rho-a) = 160/2000 = 0.08 \text{ mètre}$$

soit la moitié de celui de la pirogue prototype, ci-dessous les coupes au maitre de la pirogue prototype, de la pirogue NIOMINKA essayée et d'une pirogue saint louisienne de même longueur.



5.5. Performances

La vitesse de la pirogue a été mesurée sur une base de 700 m limitée en amont part le pont de Ziguinchor et à l'aval par l'extrêmité ouest du quai du port de commerce. (Mesure effectuée sur plusieurs plans d'échelles différentes et controlée au moyen du compteur d'une automobile).

Les temps de parcours a été mesuré au chronomètre électronique.

Il était prévu intialement d'effectuer des mesures de vitesse, la propulsion étant assurée par quatre moteurs différents :

9.9 cv Mariner
15 cv Mariner
25 cv Mariner
40 cv Johnson

dont trois appartenant au PAMEZ et l'un d'eux à emprunter pour la durée de l'essai (15 cv).

Malheureusement, le moteur 40 cv est devenu indisponible la veille de l'essai et l'embase un peu plus grande d'un moteur 40 cv Yamaha emprunté à l'inspection des pêches ne pénétrait pas dans l'orifice de la coque et nous n'avons pas trouvé de moteur 15 cv à emprunter ce qui nous a obligé à renoncer à ces deux essais.

Au cours des essais, le courant était nul (étal de haute mer) et le vent très faible direction amont ---> aval. Avec 8 personnes à bord (560 kg environ) les résultats suivants ont été obtenus.

PUISSANCE DU MOTEUR	9 CV		25 CV	
SENS DE CIRCULATION	AVAL AMONT	AMONT AVAL	AVAL AMONT	AMONT AVAL
Temps de parcours de la base (700 m)	2'30"43/100	2'27"28/100	1'51"87/100	1'46"02/100
Vitesse (Noeuds)	9,04	9,24	12.63	12.83
Vitesse moyenne (Noeuds)	9.14		12.71	

Ces performances sont tout à fait remarquables puisqu'avec une puissance de moins de 10 cv l'embarcation dépasse neuf noeuds et se situe à une vitesse supérieure à la vitesse critique (qui est de huit noeuds, voir annexe III).

Ces bons résultats sont dûs à la grande légéreté de la construction et au fond plat qui autorise le planer.

Notons à titre indicatif les performances obtenues avec l'embarcation FAO SEN2 de 14 mètres, et une embarcation traditionnelle de 16 m type saint louisien (SENI) (résultats extrait du rapport FAO FI : TCP/SEN/4401 de 1985).

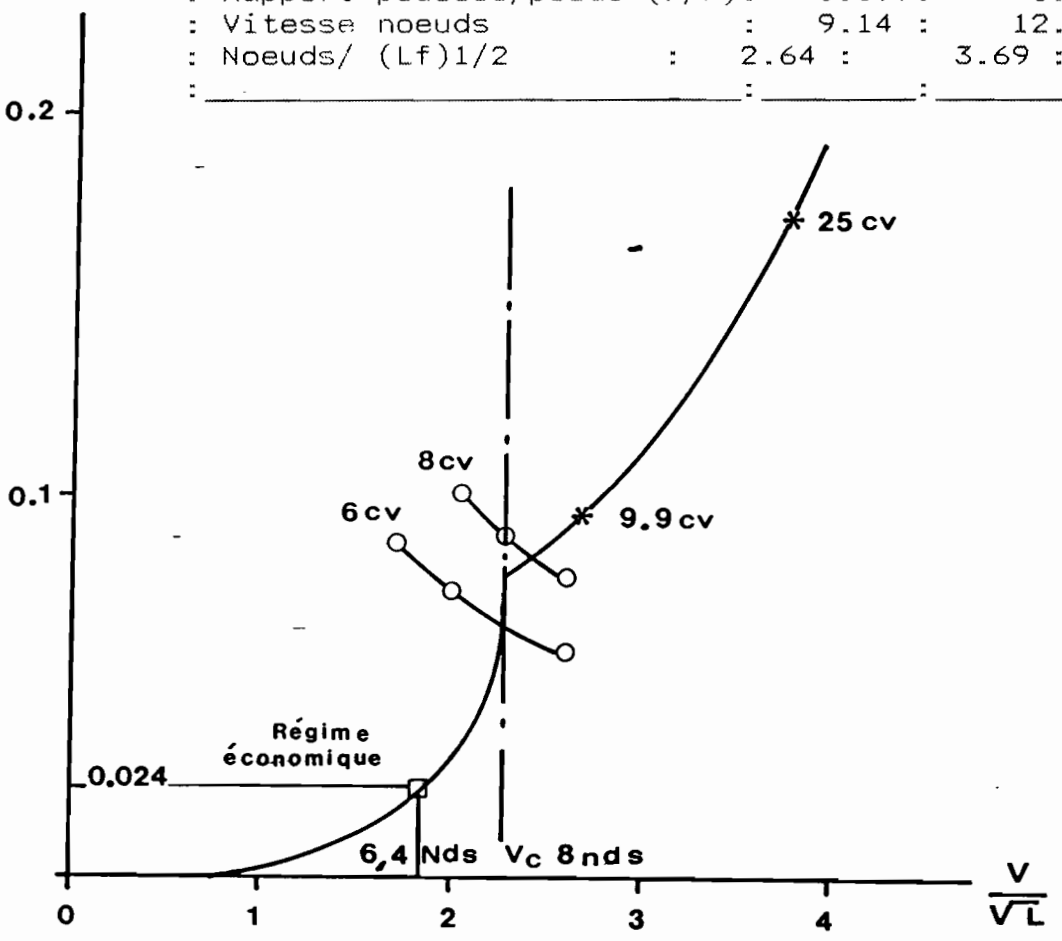
SEN.2 (pirogue traditionnelle) en charge 2.3 t - moteur fixe 15 cv - 7.3 noeuds.

SEN.2 (pirogue traditionnelle) en charge 2.3 t - moteur HB 40 cv - 9 noeuds.

SEN.1 (embarcation de substitution) à vide - moteur 15 cv - 7.6 noeuds.

- La courbe caractéristique de carène de la pirogue prototype apparaît dans le tableau et le diagramme ci-dessous (poids total au cours des essais 1650 kg).

Puissance (cv)	9.9	25
Puissance kgm/s	742.5	1875
Vitesse en m.s	4.63	6.54
Poussée (F) kg (W/V)	160.3	286.70
Rapport poussée/poids (F/P)	0.097	0.174
Vitesse noeuds	9.14	12.71
Noeuds/ (Lf)1/2	2.64	3.69



Seule la partie de la courbe située à droite du trait mixte qui situe la vitesse critique est connue, la partie gauche est une courbe probable qui aurait mérité d'être précisée au moyen d'essais effectués avec des moteurs de puissance inférieure.

Nous avons situé sur ce diagramme les courbes correspondant aux puissances 6 et 8 cv et nous constatons qu'elles coupent encore la courbe supposée pour des valeurs élevées de F/P.

Nous estimons que pour cette pirogue l'installation d'un moteur de 9,9 cv serait un équipement convenable permettant dans les conditions de charge de l'essai d'obtenir aisément une vitesse économique égale à 80 % de la vitesse critique soit 6.4 noeuds en développant une puissance de 1.73 cv environ et de permettre de maintenir cette vitesse pour des charges supérieures excédant largement la capacité de port de la pirogue qui peut être estimée à 1500 kg environ.

Photographie de la pirogue à 12.5 noeuds faisant apparaître l'importance reduite du système de vagues engendré par son déplacement.

5.6. Coût

Le coût exact des matériaux utilisés pour la construction de la pirogue sera déterminé par le PAMEZ à partir des factures établies par les fournisseurs.

Nous pouvons cependant donner ici une estimation des coûts.

Bois	315.000
Autres fournitures	250.000
Total fournitures	565.000 F.CFA

Si l'on estime que la prestation des artisans constructeurs pourrait être facturée au même prix que pour la construction d'une embarcation traditionnelle soit 150.000 environ, le coût total serait de 715.000 F.CFA ce qui est l'ordre de grandeur du coût d'une pirogue traditionnelle de même taille.

6 . COMPORTEMENT EN PECHE

Le comportement en pêche de l'embarcation sera testé par le PAMEZ dans les prochaines semaines.

7 . CONCLUSION

L'expérience de construction d'une pirogue artisanale améliorée qui a été tentée dans le cadre du PAMEZ diffère sensiblement de celles effectuées jusqu'ici dans le but de remplacer la pirogue traditionnelle.

Ces expériences consistaient en effet à introduire ou à réaliser sur place des embarcations construites en bois suivant des techniques élaborées nécessitant un outillage considérable et une grande maitrise professionnelle ou réalisée dans des matériaux nouveux (plastiques) difficiles à mettre en oeuvre dans les conditions habituelles de travail des artisans constructeurs locaux, et d'un coût élevé.

L'embarcation objet de cette expérience, a été conçue pour pouvoir être construite localement à partir de matériaux disponibles suivant des techniques très proches de celles traditionnellement mises en oeuvre, à l'aide d'un outillage très peu différent de celui utilisé par les artisans.

Les améliorations apportées par rapport aux méthodes construction traditionnelles portent uniquement sur les modes d'assemblage et l'expérience de la construction de cette embarcation affectuée avec un groupe de cinq stagiaires issus du milieu des constructeurs traditionnels a montré qu'elles étaient suffisamment simples pour être rapidement assimilées.-

Ces conditions posées dès le départ comme étant nécessaire au succès de l'expérience ont imposées des limitations technologiques (largeur maximale de l'embarcation, utilisation au maximum de planches brutes de sciage et qui plus est déformée par un long séchage) qui ont rendu difficile l'obtention de certains des critères recherchés qui étaient :

- Résistance et pérennité
- Etanchéité
- Stabilité
- Simplicité de réalisation.

De ces critères, deux ont été parfaitement satisfaits :

- La résitance de l'embarcation est considérable. Elle a été démontrée au cours des opérations de manutention effectuées au cours de la construction et pendant les opérations de mise à l'eau dont les conditions ont imposé à la structure des contraintes considérables auquelles elle a parfaitement résisté ce qui n'aurait surement pas été le cas pour une embarcation traditionnelle.

- la simplicité de construction est également démontrée d'une part par le temps très court qui a été nécessaire à la réalisation de l'embarcation (13 jours 1/2 de travail effectif) d'autre part,- par la parfaite assimilation des méthodes mise en oeuvre par les réalisateurs.

Dans un premier temps, le second critère, l'étanchéité n'a pas été totalement été satisfait, un certain nombre d'entrées d'eau ayant été constatées à la mise à l'eau. Ceci ne constitue toutefois qu'un échec relatif car les dispositions technologiques retenues pour obtenir une totale étanchéité sont suffisamment sures pour que quelques reprises à effectuer par le PAMEZ sur l'embarcation prototype et un soin particulier apporté dans leur application sur les embarcations futures nous assurent du succès.

Si le critère de stabilité obtenu n'atteint pas les normes européennes (bras de levier initial de redressement de l'ordre de 150 mm pour 500 recommandé) il est très supérieur à celui d'une embarcation traditionnelle de type saint louisien qui est carrément instable en position droite ((-) 0.061 mm) et de l'ordre du double de celui d'une embarcation traditionnelle de type Niominka) (80 mm).

Des améliorations pourraient être apportées dans ce domaine mais elles passent par une complication technologique certaine et ne pourront être apportées que si, de nombreuses autres embarcations du même type ayant été construites, les constructeurs sont devenus à même de les appliquer par l'amélioration de leur dextérité professionnelle.

Enfin, les essais effectués ont montré que l'embarcation présente des performances de vitesse remarquables ce qui la rendra d'une utilisation particulièrement économique.

En effet, la vitesse obtenue avec un moteur hors bord d'une puissance de 9.9 cv a été de 9 noeuds 4 avec une charge de huit personnes (560 kg environ). Une vitesse économique de près de 7 noeuds pourrait être soutenue avec le même moteur et une charge dépassant 1000 kg.

Cette qualité particulière est due à la légéreté de l'embarcation (moins de la moitié du poids d'une embarcation traditionnelle) et a la forme plate de ses fonds.

En ce qui concerne le coût, cette première réalisation montre que fabriquée par des artisans dans les conditions habituelles, le prix de vente de cette pirogue ne devrait pas dépasser 750 000 F.CFA ce qui ne la situe pas au dessus de la valeur d'embarcations traditionnelles de même taille.

Reste à effectuer l'expérimentation décisive de la mise en pêche qui permettra de reconnaître le comportement à la mer de l'embarcation, son adaptation aux différentes formes de pêche et son acceptabilité par les utilisateurs.

Cette expérimentation doit être réalisée par le PAMEZ et il est nécessaire qu'elle soit faite dans des conditions suffisamment objectives et dans un esprit de critique onstructive de telle sorte que les défauts qui pourraient apparaître soient parfaitement reconnus pour qu'il y soit remédié sous peine de transformer cette expérience en un échec qui s'ajouterait à ceux déja connus.

CRODT mai 1988

A N N E X E I

PLANS ET DOCUMENTS

I. NOMENCLATURE DES BOIS

DESIGNATION	DIMENSIONS (METRES)	NOMBRE	QUANTITE m3	OBSERVATIONS
Planches bordé	7 x 0,210 x 0,03	16	0.706	brut de sciage (fin)
Planches fond	6,5 x 0,400x0,06	4	0.624	1 chant dressé et rainuré à 0.03x0.030
Lisses et serres	7x0,06x0,025	20	0.210	1 face(0,06) dressée
Couvre joint fond	4x0.05x0.01	6	0.012	1 face(0.05) dressée
Tableau (farges)	1.2x0.5x0.03	2	0.036	Brut de sciage (fin)
Puits (AV et AR)	0.5x0.5x0.03	2	0.015	Brut de sciage (fin
Puits (cotés)	1x0.5x0.03	2	0.030	Brut de sciage (fin)
Eperons	2x0.400x0.300	2	0.528	Brut de sciage, ébauché suivant plan joint
Fausses marbures	0,8x0,04x0,04	24	0.031	Brut de sciage (fin)
TOTAL		78	2.192	

II. CHEVILLAGE

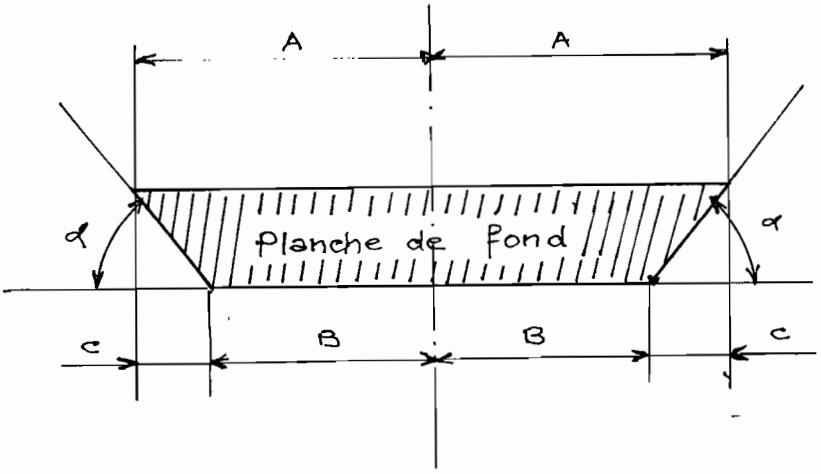
DESIGNATION	DIMENSIONS	QUANTITE	DESTINATION
Vis à bois zinguées	80 mm	80 vis	1ere planche de bordé sur fond
Vis à bois zinguées	60 mm	64 vis	Planches de bordé sur éperons
Pointes acier galvanisées	80 mm	3 kg	1ere planche de bordé sur fond
Pointes acier galvanisées	60 mm	3 kg	2ème 3ème et 4ème planches de bordé sur éperons, tableaux et fausses membres
Pointes acier galvanisé	50 mm	3 kg	Lisses et serres sur bordé
Tige filtrée acier	Ø14	1m 50	Eperons sur fond
Ecrous	Ø14	16	
Rondelles	Ø14	16	

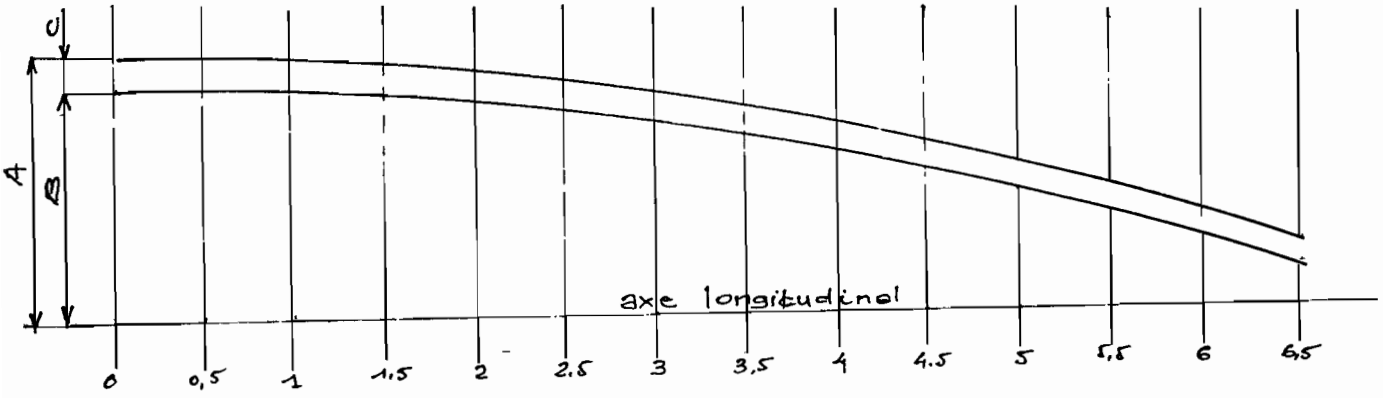
III. COLLE ET JOINTS (Annexe 1)

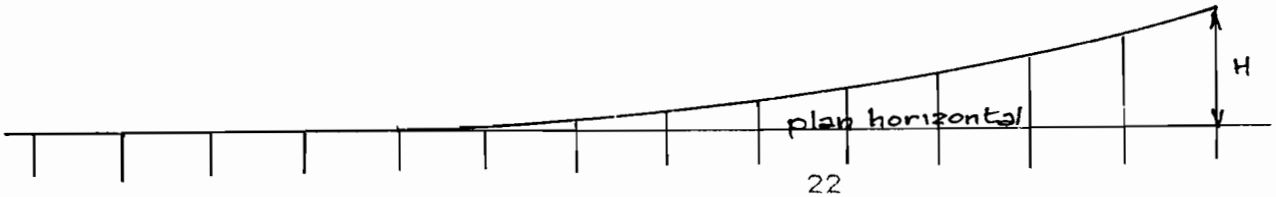
DESIGNATION	QUANTITE	OBSERVATION	ADRESSE
Melocolle 306	5 kg	Collage fond et bordés en bureaux et lateral fond	SODIEMA - 78 143 VILLACOUBLAY CEDEX
SILCAFLEX	30 cartouches	Partout sauf melocolle	CFAO DAKAR
Peintures			
1er couche	28 kg	Glycerophtalique	
2ème couche	10 kg	Glycerophtalique	
Diluant	10 litres		

TRACE

SECTION	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6
A mm	400	398	390	378	361	339	313	281	245	203	157	106	50
B mm	370	368	360.5	349	333	312	288	257.5	223.5	184	140.5	92.5	39.5
C mm	30	30	29.5	29	28	27	25	23.5	21.5	19	16.5	13.5	10.5
H m	0	1.7	7	16	28	44	63	86	113	143	177	214	255
α degres	60	60.24	60.57	61.31	62.29	63.57	65.24	67	69.13	71.41	74.03	76.92	80



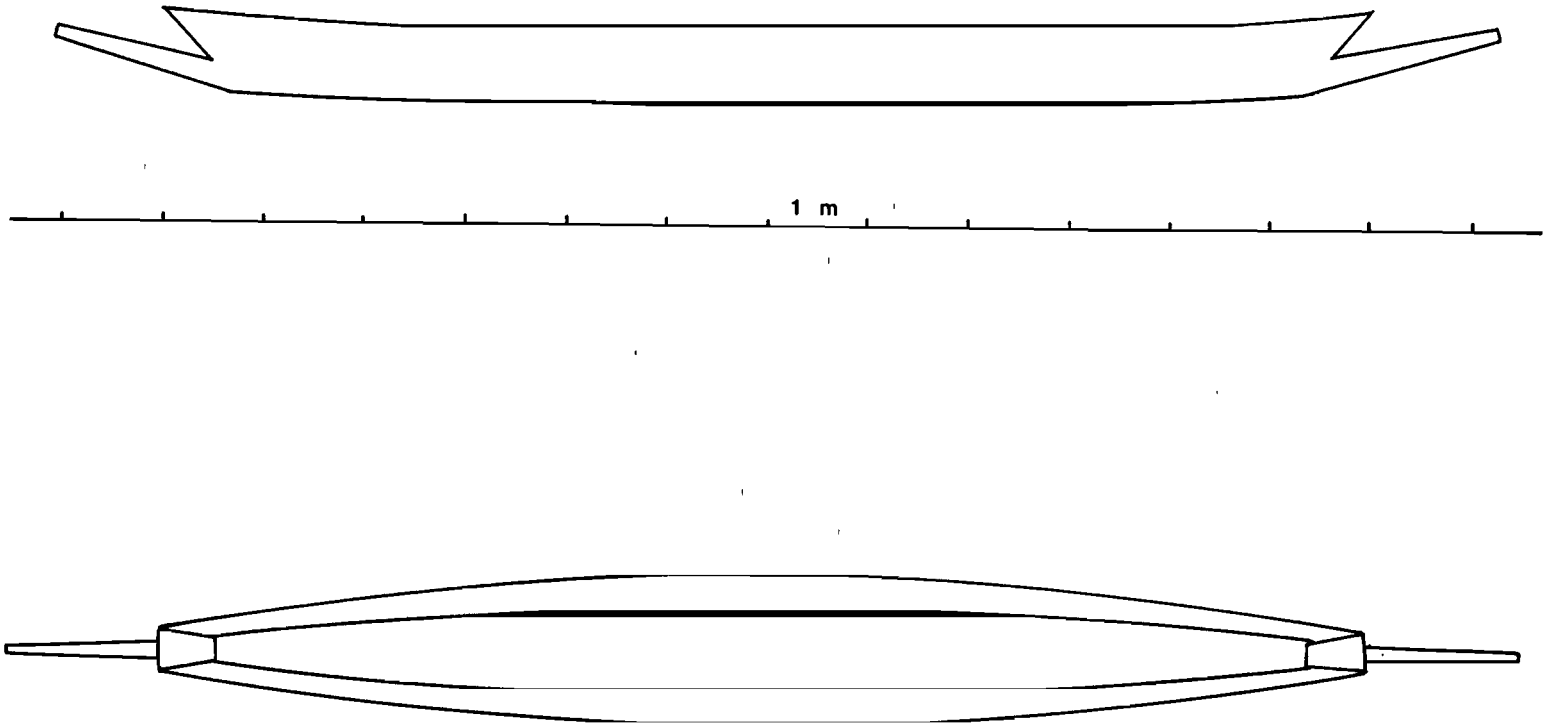


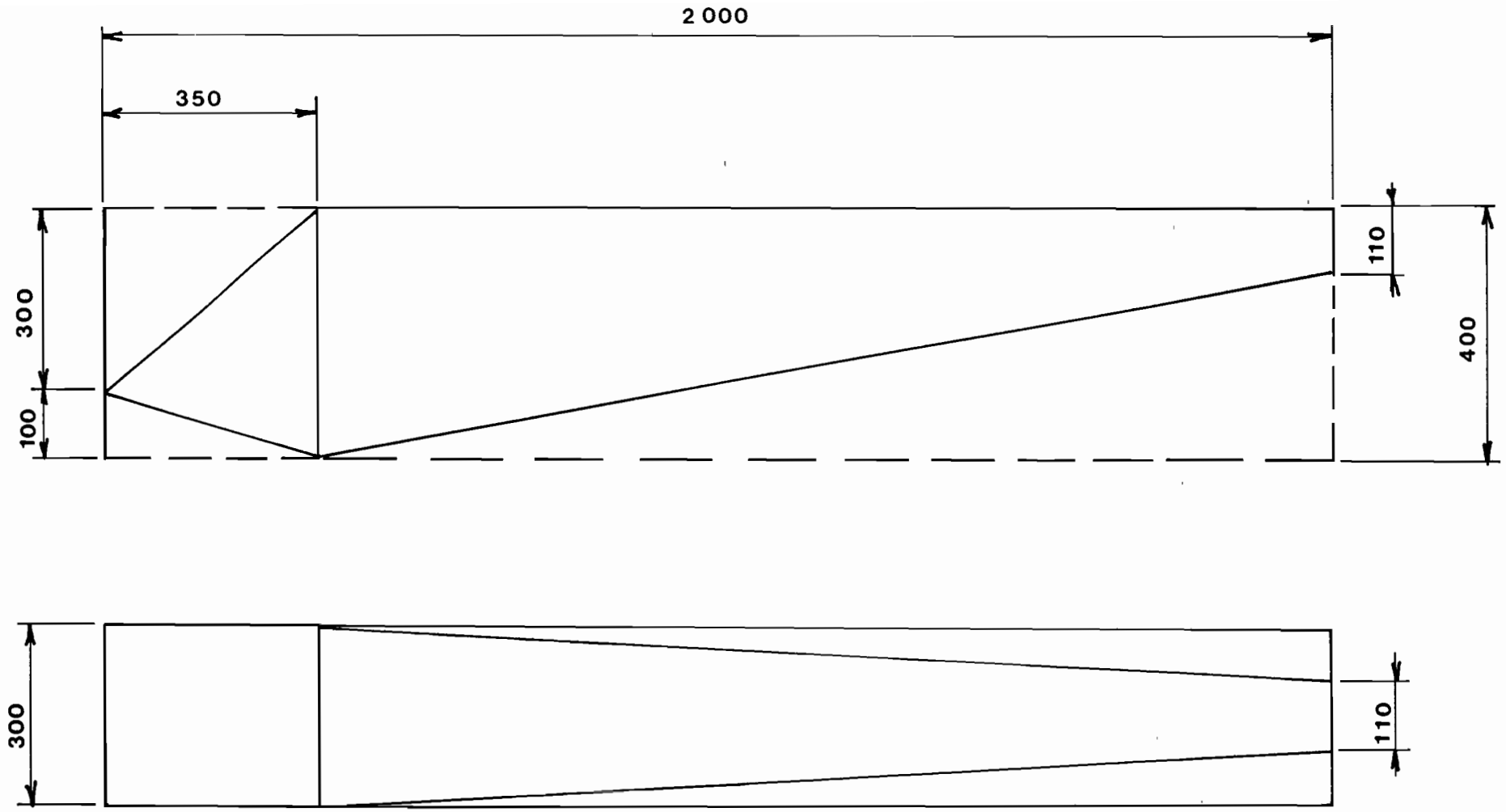


Annexe 1

PIROGUE AMELIORÉE

Echelle: 1/75





Annexe 1

EBAUCHE EPERON DANS FÛT

DE 2000 x 400 x 300

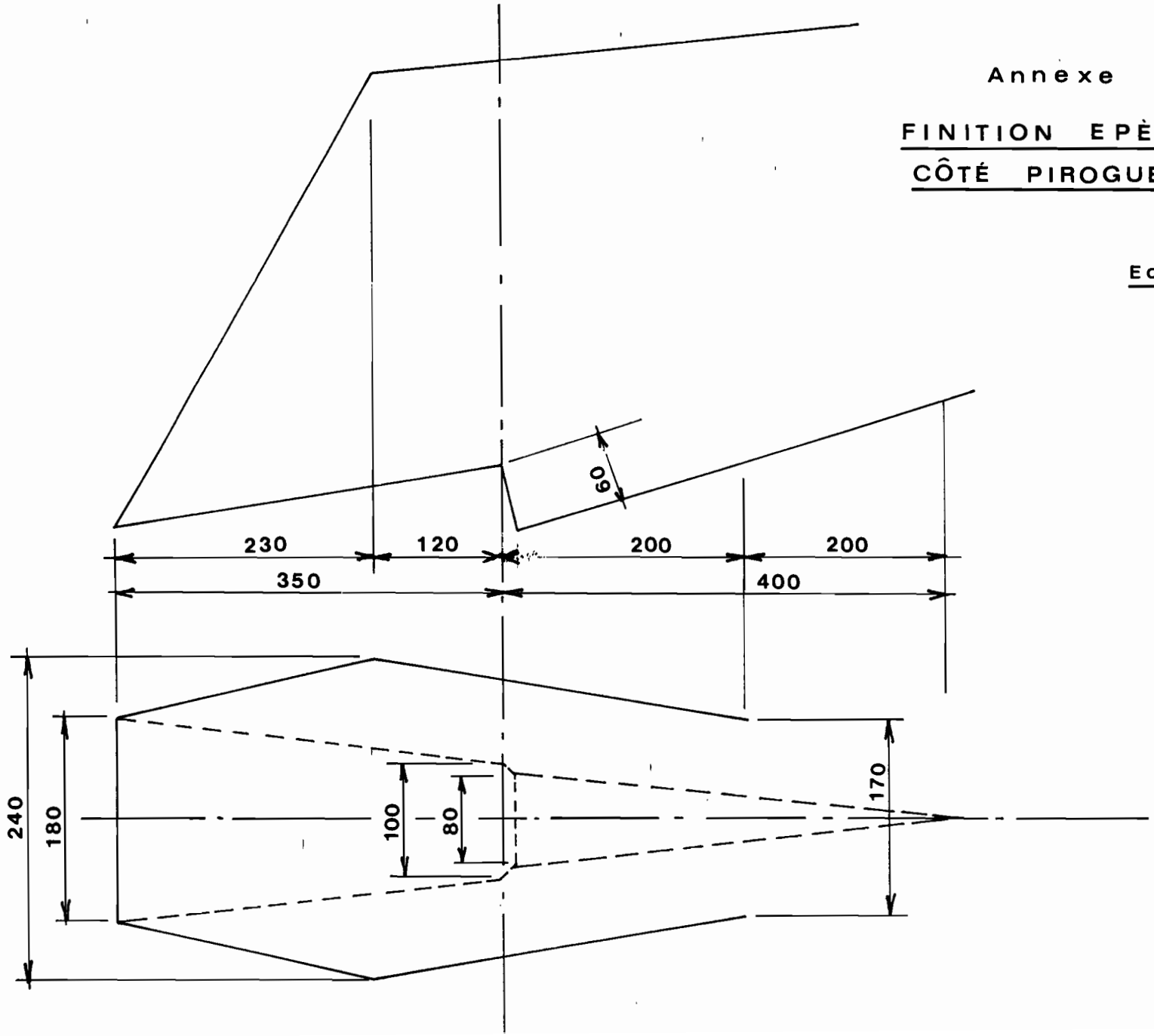
Echelle : 1/10

Annexe 1

FINITION EPÈRON

CÔTÉ PIROGUE

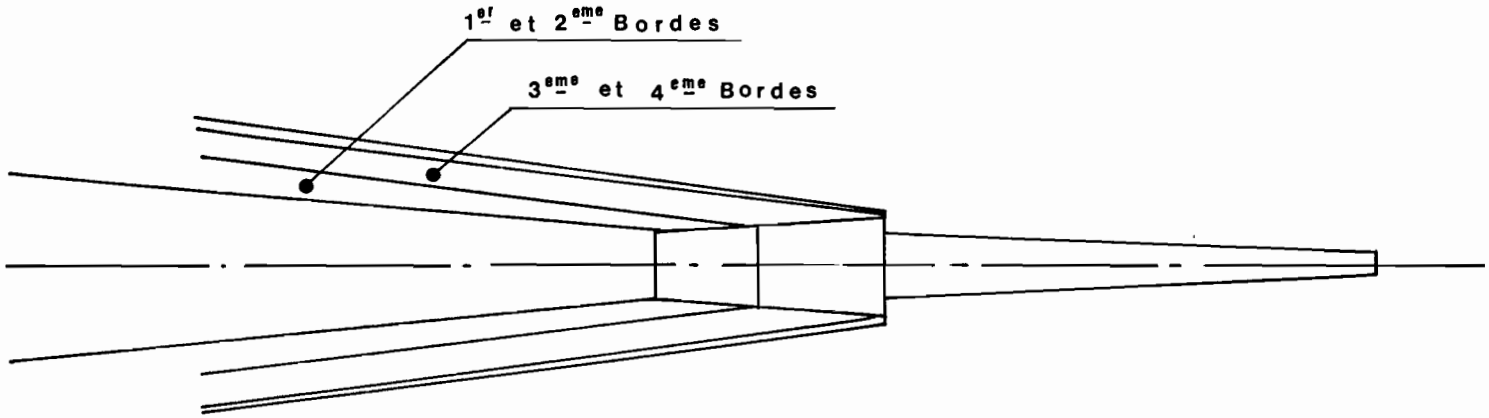
Echelle : 1/5



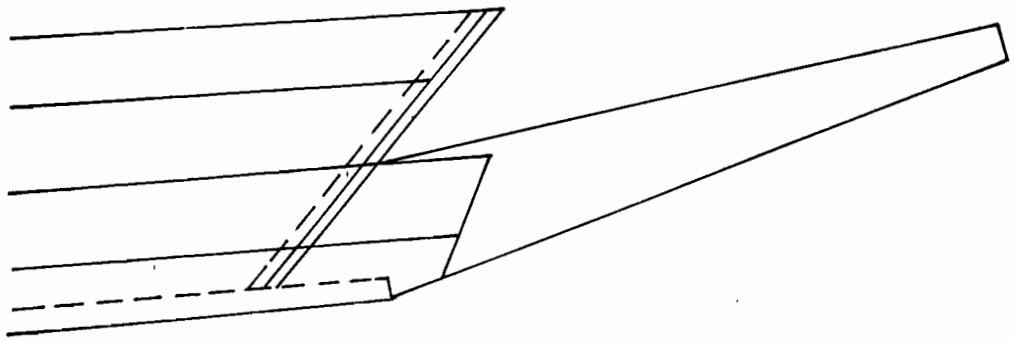
Annexe 1

EPERON ET RACCORDEMENTS

Echelle : 1/20



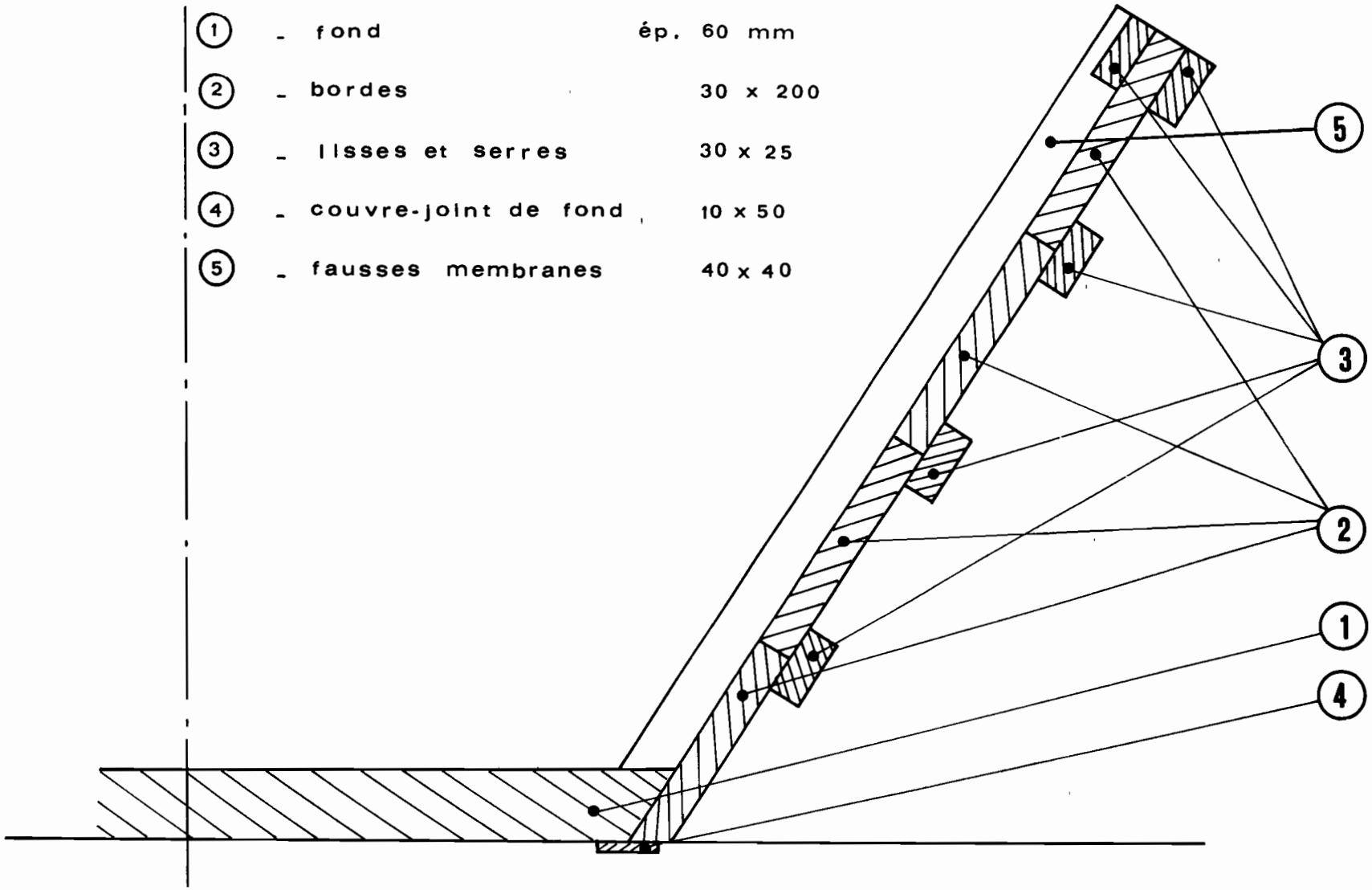
Sections 4 5 5.5 6



Annexe 1

COUPE A LA SECTION O

1	- fond	ép. 60 mm
2	- bordes	30 x 200
3	- lisses et serres	30 x 25
4	- couvre-joint de fond	10 x 50
5	- fausses membranes	40 x 40



Echelle : 1/5

A N N E X E II

CONSTRUCTION D'UNE PIROGUE BOIS

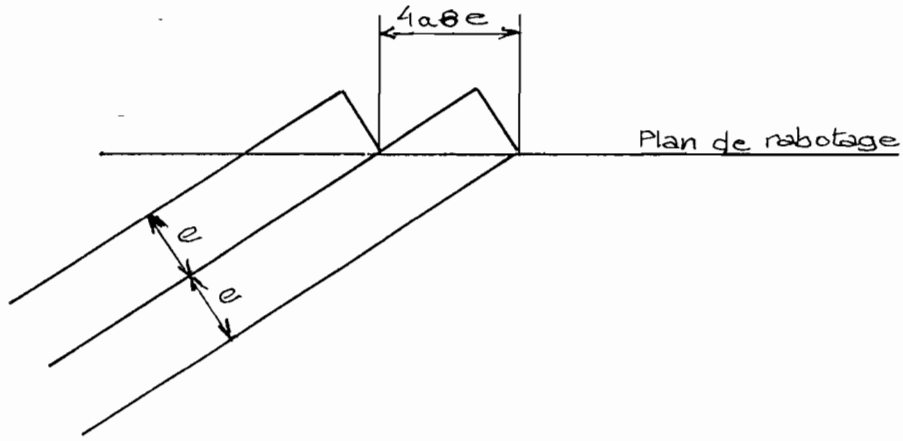
NOTICE DE MONTAGE

1. FOND

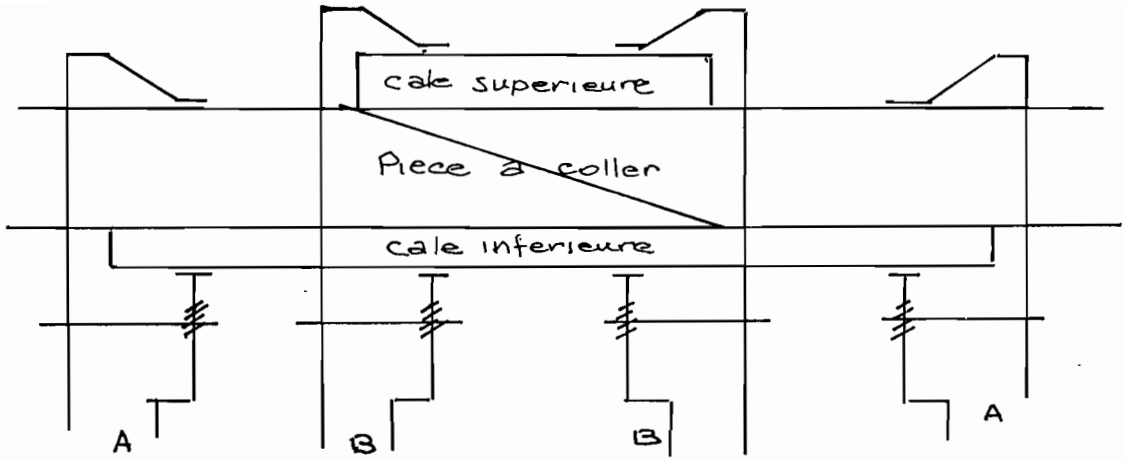
1.2. Assemblage des deux demi-planches par collage en biseau

a) Présenter les deux planches supperposées et maintenues en place par des serre-joints. Raboter les deux planches ensemble pour réaliser un plan de joint parfait. Longueur de l'assemblage, 6 à 8 fois l'épaisseur des planches (angle compris entre 10° et 7°).

b) Enduire les faces à assembler, l'une de mélocolle 306 l'autre de durcisseur et les assembler bout à bout à l'aide de cales de maintien et de serre-joints.



Nota.- Attention à la position de la rainure d'assemblage latéral et à la linéarité des deux demies parties assemblées.



A : Serre-joints de maintien

B : Serre-joints de pression

1.2 Assemblage des deux planches constitutives

a) Garnir la rainure d'une des planches de tenons collés à la mélocole 306 . Sens des fibres des tenons perpendiculaire à L'axe longitudinal des planches. Ebavurer soigneusement les coulures de colle.

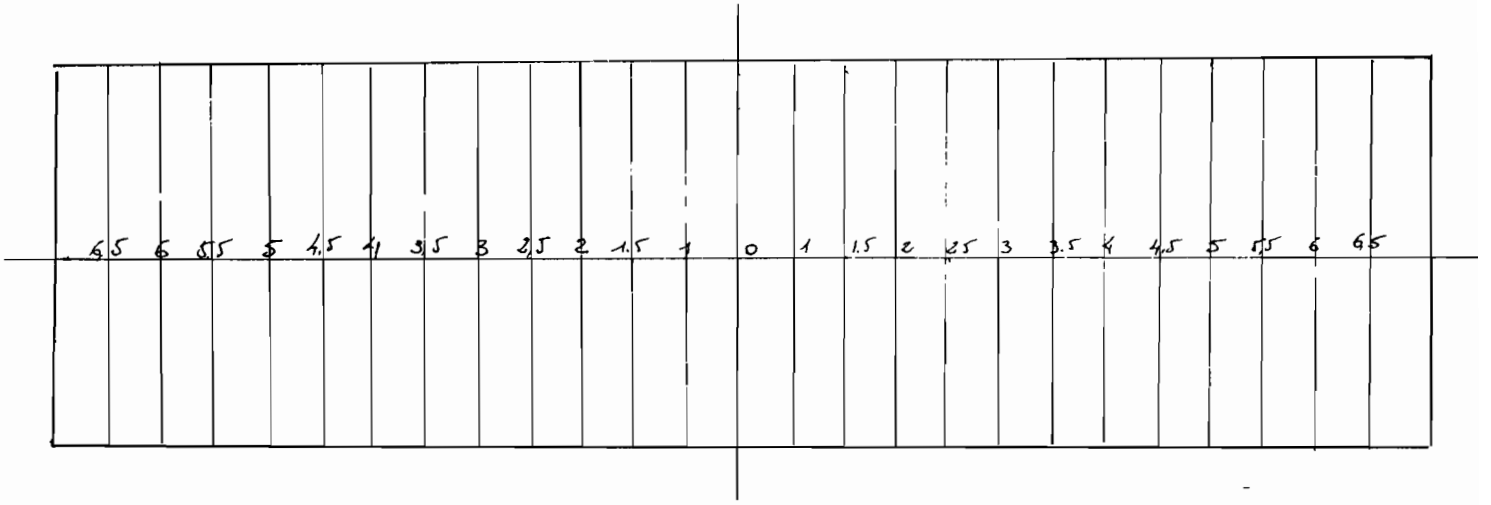
b) Rectifier ou raboter l'extrêmité des tenons dont le dépassement doit être inférieur des quelques millimètres à la profondeur de la rainure de la deuxième demie planche dans laquelle il viendra s'ajuster.

Enduire tenons et rainure de mélocolle 306 et durcisseur assembler et maintenir en place par des serre-joints disposés tous les mètres. (13 serrejoints de 1 mètre).

1.3 <u>Traçage</u> (sur les deux faces du fond)

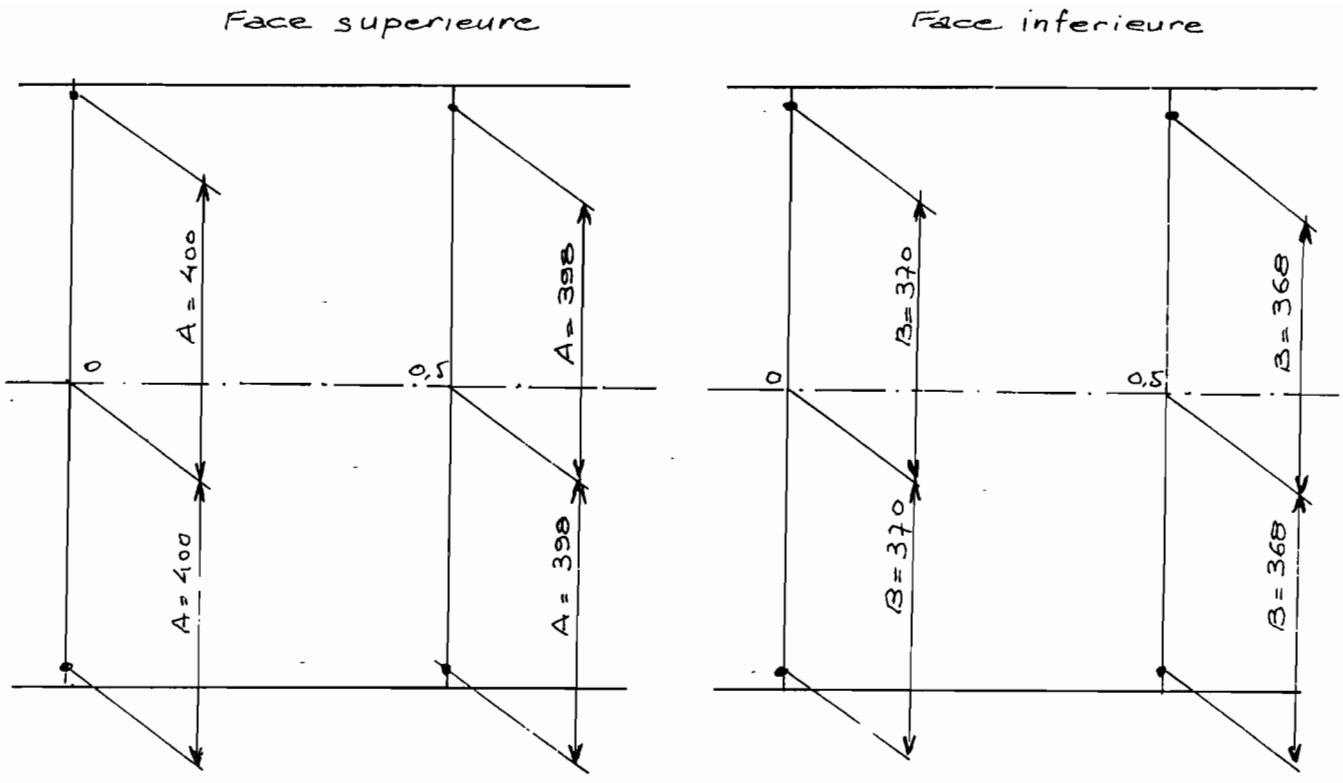
a) Porter l'axe longitudinal du fond.

b) Porter l'axe transversal qui est reperé O au milieu de la planche



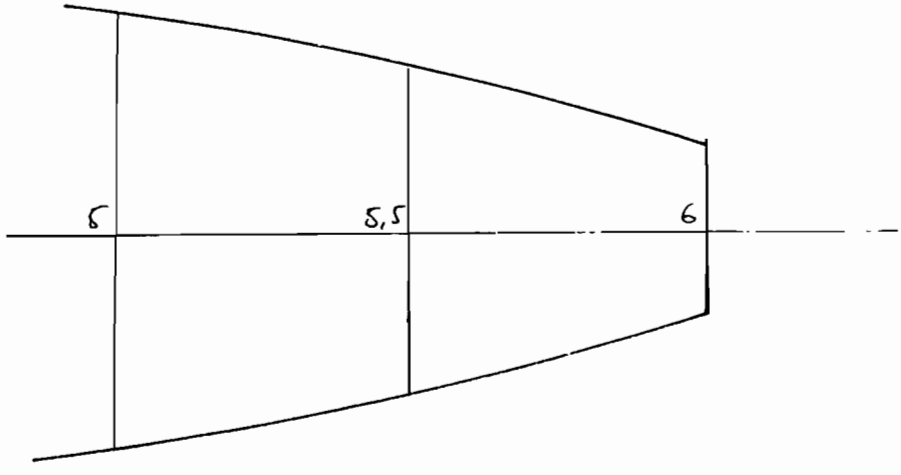
c) Diviser le fond transversalement tous les 0,50 m à partir du repère O. Repères 1, 1.5, 2 .....5.5, 6.

d) Porter sur chaque transversale la demie longueur qui lui correspond de part et d'autre de l'axe longitudinal, sur la face supérieure les côtes repérees A, sur la face inférieure les côtes repérées B (voir tableau annexe I)



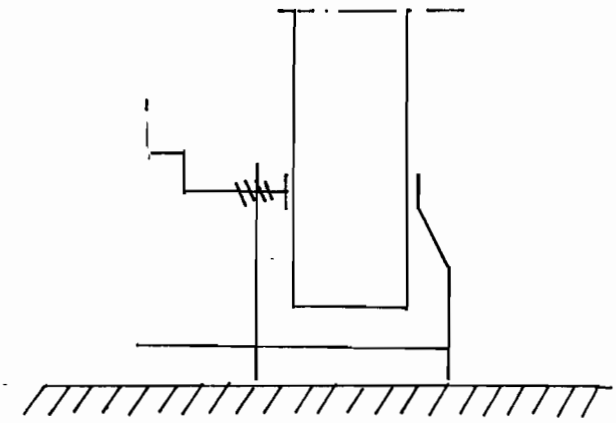
e) Relier les points entre eux à l'aide d'une longue règle flexible.

1.4 <u>Découper</u> suivant le tracé A de la face supérieure à l'aide d'une scie égoïne et couper au niveau de la section 6

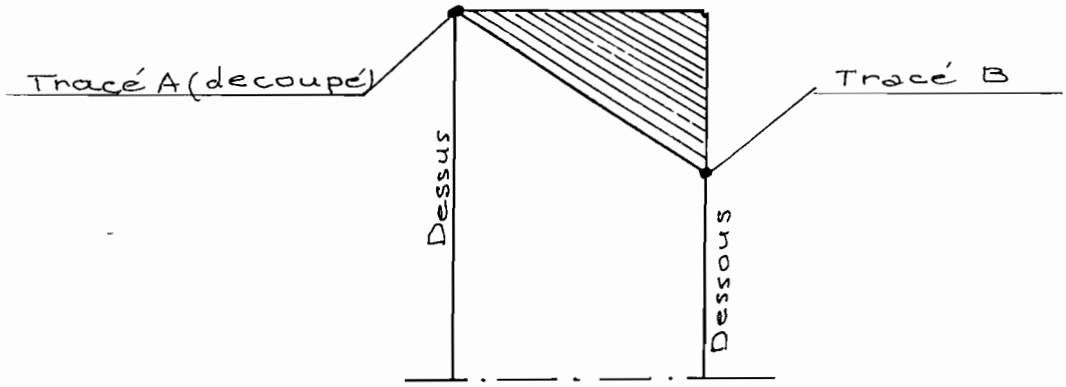


1.5 <u>Disposer</u> le fond, sur chant en le maintenant en place à

l'aide de serre-joints posés sur le sol



et abattre au rabot après avoir dégrossi à l'horminette l'angle compris entre le bord du fond côté dessus tracé A et le tracé B coté dessous



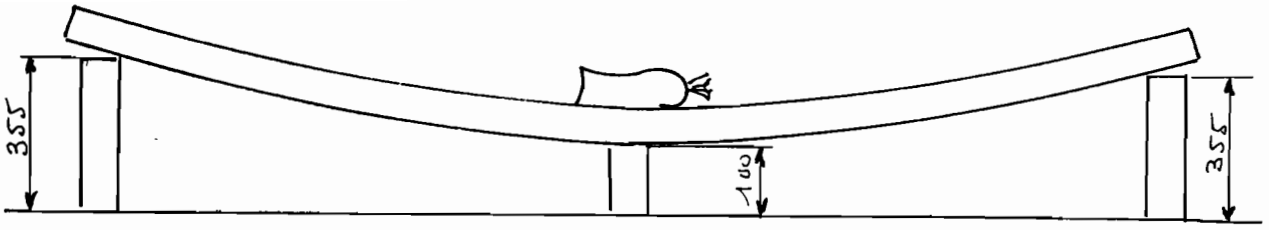
Le plus grand soin est à apporter à cette opération dont depend la bonne géométrie de l'embarcation, la qualité de la fixation du premier bordé et de son étancheité.

1.6 <u>Poser</u> le fond à plat sur le sol par l'intermédiaire de trois cales d'une longueur inférieure à la largeur du fond dont la hauteur et la disposition sont les suivantes

- au mileu (section 0) 100 mm

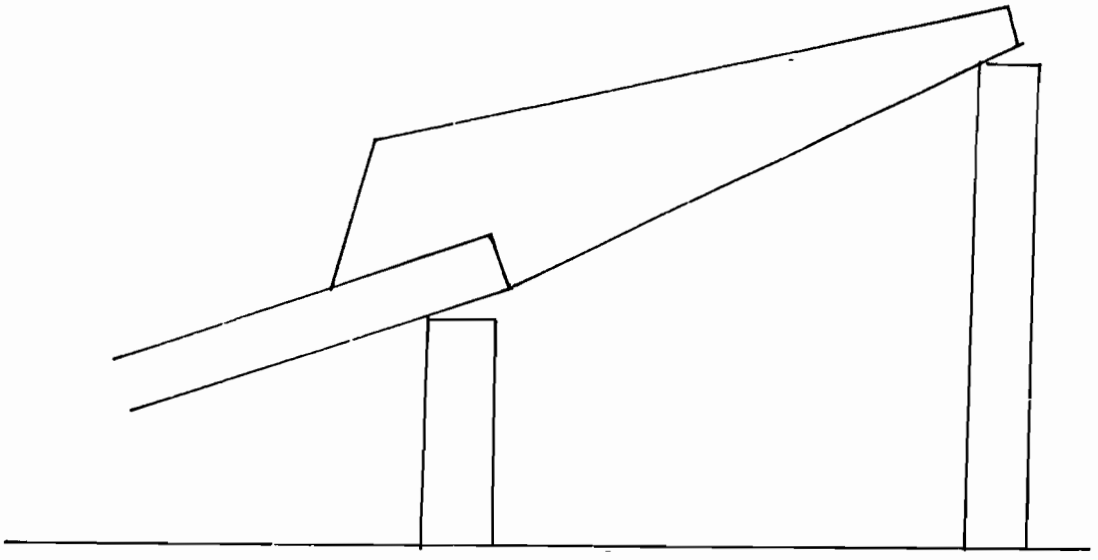
- aux extrêmités (sections 6) 355 mm

Poser éventuellement un sac de sable au milieu du fond pour assurer un bon contact avec les cales.

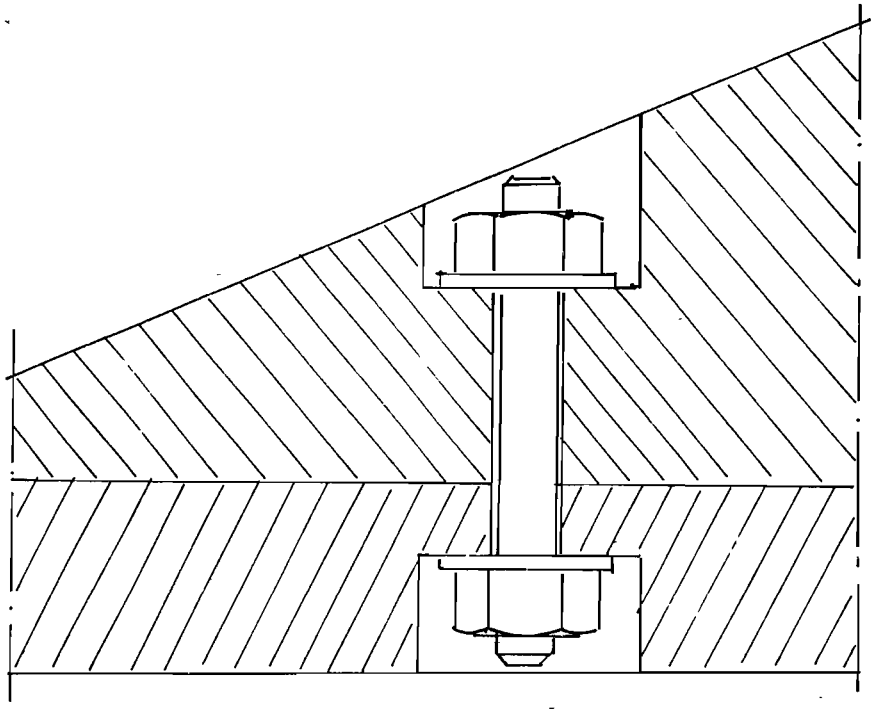


2. EPERONS

Tracer les éperons suivants plan Annexe 1 et les tailler à l'herminette. Poser les éperons aux extrêmités du fond en les calant aux extrêmités pour les tenir en position

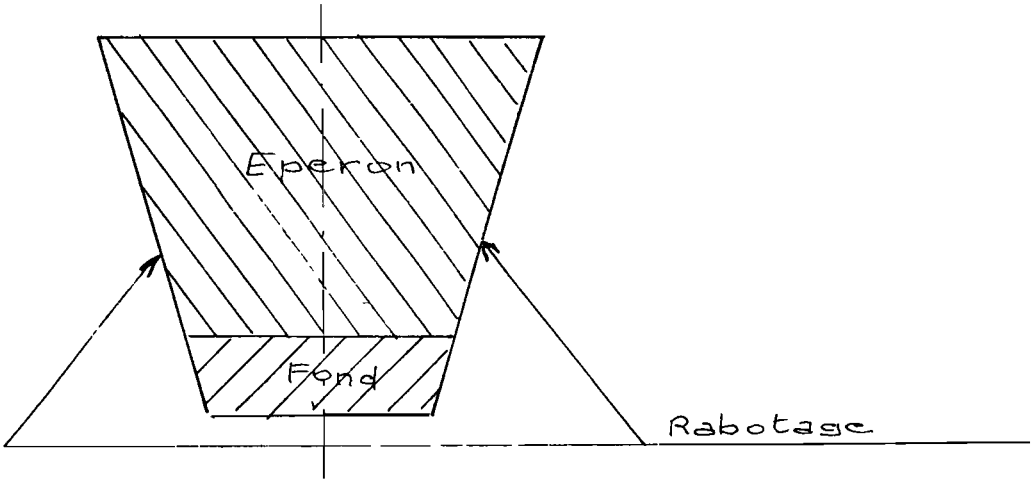


percer à Φ 15mm ou Φ 16 mm simultanément l'éperon et le fond en terminant par des embrevements permettant de loger écrous et rondelles.



Fixer définitivement les éperons sur le fond a l'aide des tiges filetées coupées à la bonne longueur, mater l'extrêmité des tiges après pose des écrous pour interdir le desserrage.

Fermer les embrevements avec un mélange de mélocolle 306 et de fine sciures de bois l'embrevement ayant été au préalable imprégné de durcisseur. Parfaire le côté des éperons côté bateau au rabot en se guidant sur le profil du chant du fond.

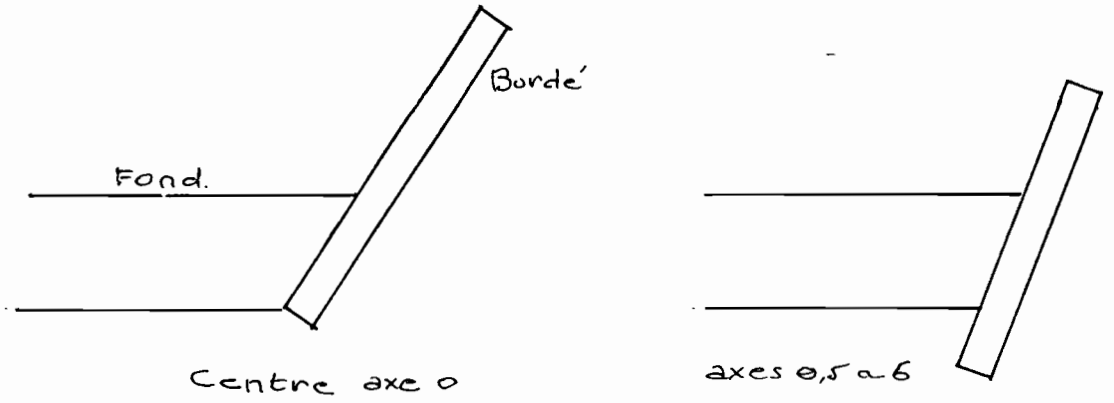


3. BORDES 1 ET 2

1) Mise bout à bout des planches. Chaque planche de bordé est constitué de deux plaches de 7 m mises bout à bout par un collage en biseau (procéder de la même façon que pour la mise bout à bout des planches de fond). Choisir des planches de largeur égale et mettre en regard d'éventuelles concavités transversalles.

2) <u>Pose du premier bordé (un de chaque côté)</u>
Choisir parmi les huit planches de 13 m disponibles les deux planches les plus planes et les plus droites car elles serviront de guide aux suivantes.

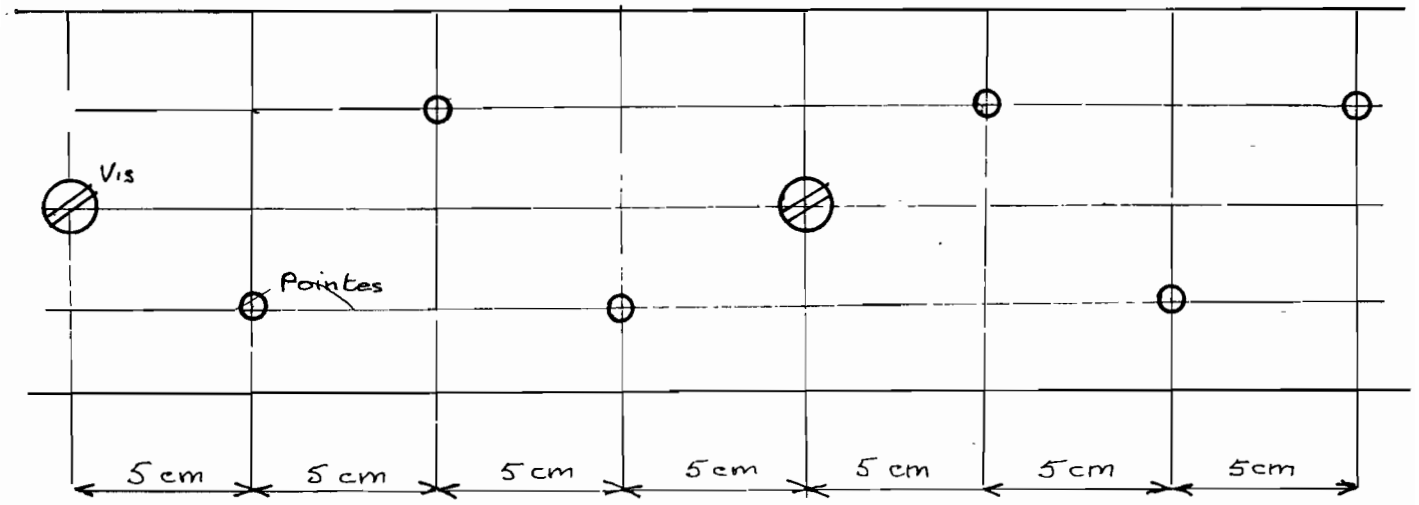
- Poser le premier bordé latéralement au fond en affleurant le dessous au repère 0 et en laissant déborder vers le bas sur les axes 0.5 à 6 de chaque côté en partageant également les débordements. La planche doit suivre librement le côté du fond, ne la forcer ni vers le haut, ni vers le bas, seulement latéralement à l'aide de serrejoints pour la faire plaquer également partout sur le côté du fond et de l'éperon (recouvrement sur l'éperon 20 cm).



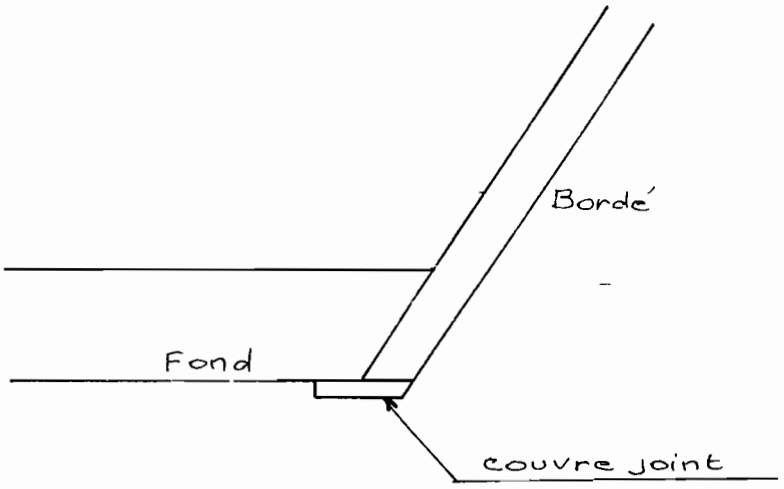
Percer les trous des vis avec la mêche avant trou (ϕ 3.5) en traversant bordé et fond (une vis de 80 mm tous les 20 cm au milieu du côté du fond). Tracer les extrêmités du bordé. Démonter le bordé, percer le bordé au diamètre des vis et couper les extrêmité du bordé.

Mettre le bordé en place définitivement en interposant l'élastomère. Commencer à viser par le centre du bateau vers les extrêmités.

Doubler les vis par des pointes de 80 disposées en quinconces tous les 5 cm en exceptant les vis



Terminer la fixation par vis et pointes sur les flancs de l'éperon (vis et points de 80). Lorsque les deux premiers bordés sont posés, coucher la coque alternativement de chaque côté pour affleurer le bordé sous le dessous du fond, poser le couvrejoint à la jonction fond bordé en interposant une couche d'élastomère et peindre le dessous du bateau.

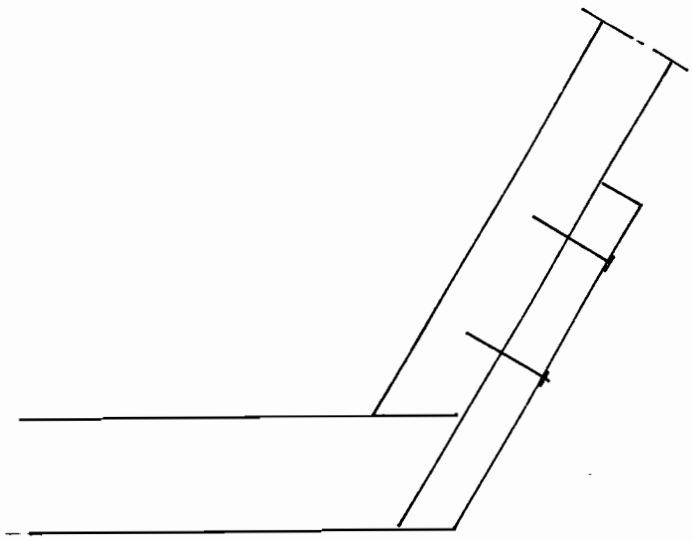


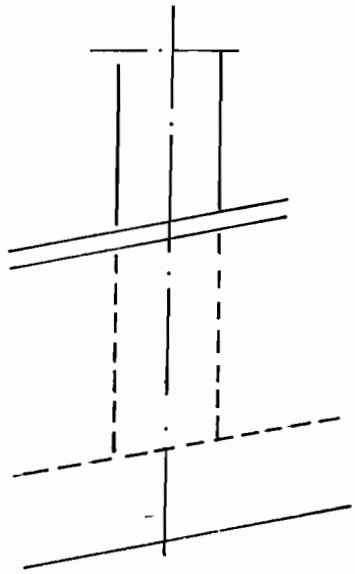
3) Pose des fausses membrures (jambettes)

Poser les membrures de chaque côté du bateau aux sections 0, 0.5, 1.5, 2.5, 3.5, 4.5, 5.5.

Présenter la jambette verticalement à l'aide d'un niveau en l'appuyant sur le premier bordé.

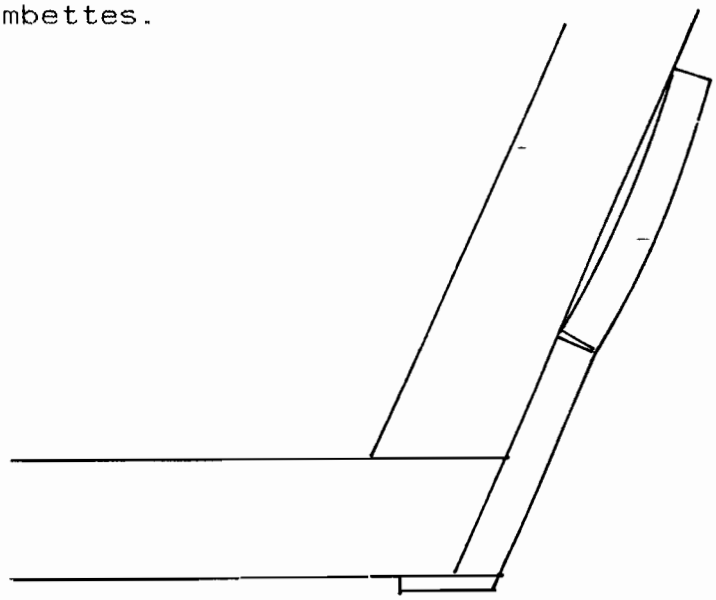
Tracer le pied pour le découper parallélement au fond. Poser de l'élastomère entre jambette et premier bordé et clouer du bordé vers la jambette (pointes de 60).





4) Pose du second bordé (de chaque côté)

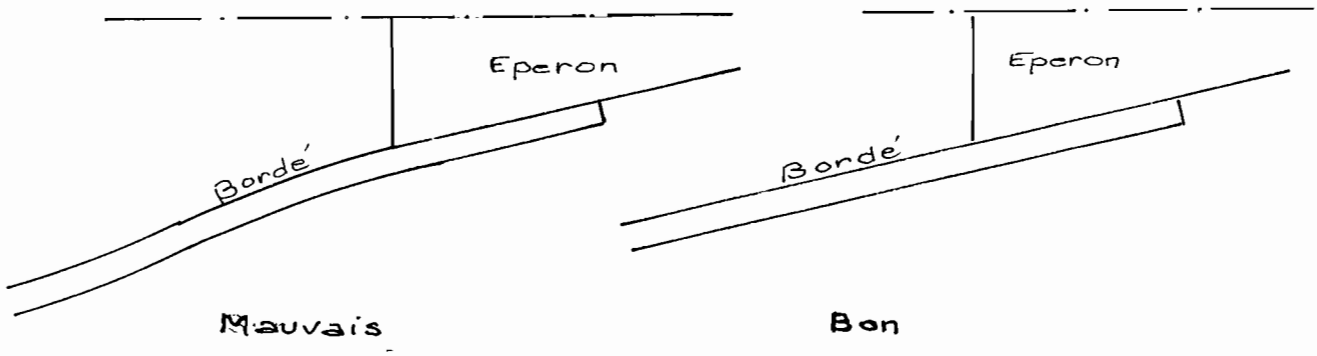
Présenter le second bordé. Si la planche est légérement cintrée dans le sens de la largeur disposer le creux vers les jambettes.



La planche doit venir naturellement en position jointive au premier bordé en maintenant l'appui sur les jambettes et les éperons au moyen de serre-joints.

Supprimer si besoin les plus gros défauts de linéarité de la planche faisant apparaître un jour entre premier et second bordé.

(Raboter sur les bosses de la seconde planche). Ajuster si besoin les flancs des éperons pour assurer là aussi un bon placage sans contrainte de la planche.



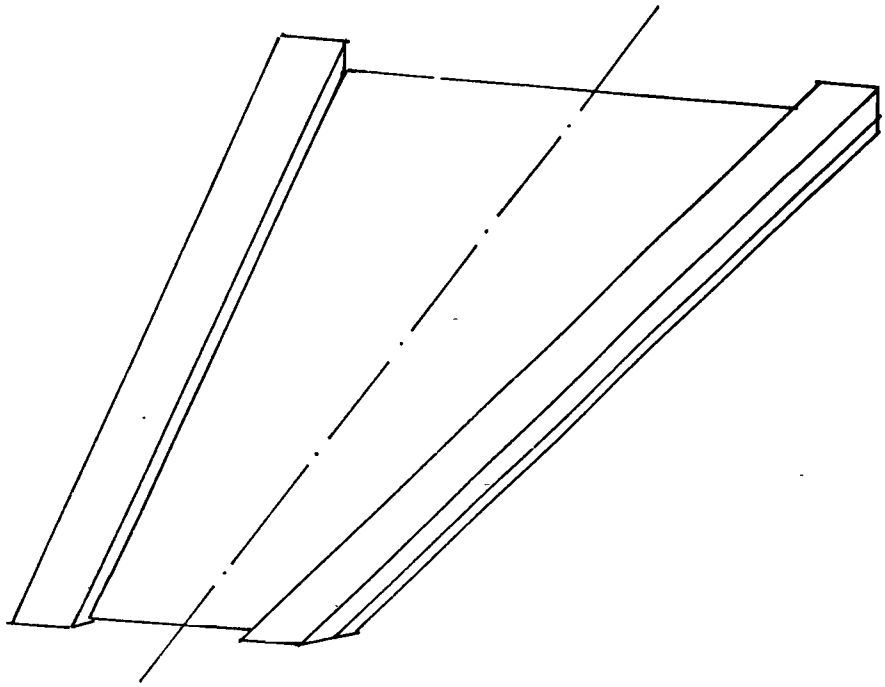
Tracer les extrêmités de la planche et les couper. Poser de l'élastomère sur le chant supérieur de la première planche et sur la face externe des jambettes.

Poser définitivement et clouer la planche (pointes de 60) du centre du bateau vers les extrêmités (trois pointes par jambette + vis et pointes de 60 dans les éperons).

4.TABLEAUX (Fargues)

Ajuster les tableaux qui doivent reposer sur le fond, la face interne des éperons, et respecter l'angle formé par les deux premiers bordés de chaque côté.

Présenter et ajuster deux tasseaux dans les angles tableaux/bordés (30 x 60 mm à découper dans les restes des planches de fond) sur lesquels viendront se fixer les bordés 3 et 4.



Fixer les tableaux sur la face interne des éperons (pointes galvanisées de 80 mm et élastomère) et les bordés sur les tasseaux (points de 60 et élastomère).

5.BORDES III ET IV

Procéder comme pour le bordé n° 2.

- Présentation, rectification si nécessaire du chant venant au contact du bordé précédent, creux transversal éventuel côté jambettes, clouages dans les jambettes et dans les tableaux (pointes de 60) après mise en place d'élastomère.

- Après mise en place couper à longueur et affleurer sur la face externe des tableaux.

6. POSE DES COUVRE-JOINTS ET DES LISSES

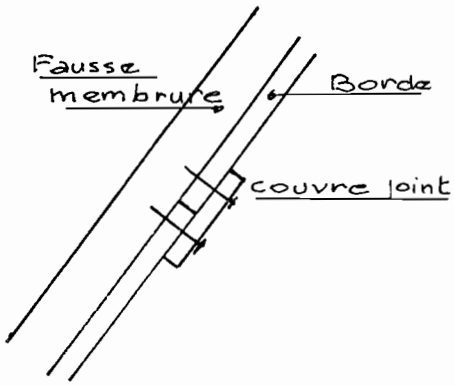
6.1. Lisses

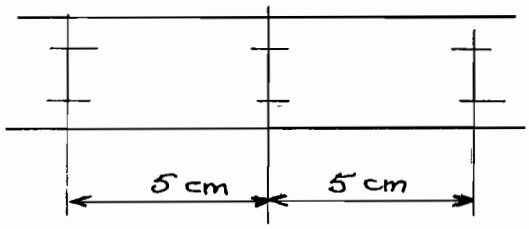
Rectifier si nécessaire la zone de jonction des bordés (2 à 2) de façon à constituer une surface régulière nécessaire à réaliser une bonne adhérence des couvres-joints.

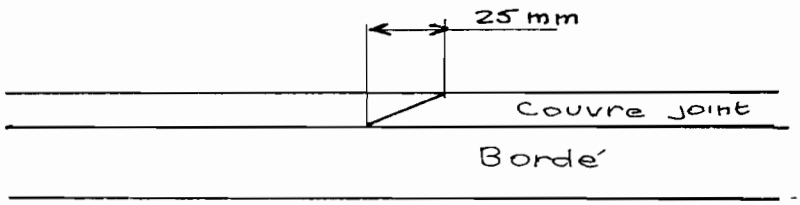
Raboter également si la surface est trop marquée par des traces de sciage, la face interne des couvre-joints.

Poser les couvre-joints à la jonction des planches de bordé, également répartis sur chacune des planches en réalisant la jonction entre deux bandes de couvre-joint par une coupe en biseau de 25 mm.

Clouer sur chacune des planches avec des pointes de 50 mm tous les 5 cm en interposant une couche régulière d'élastomère y compris dans les coupes en biseau.



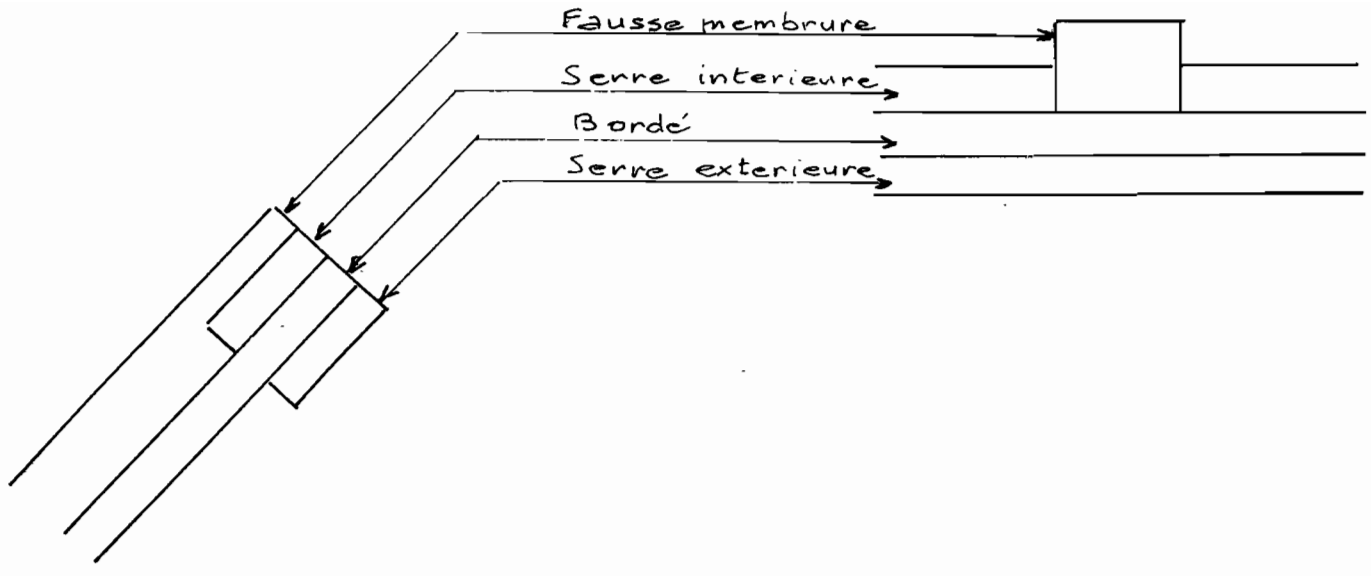




6.2. Serres

Poser une serre extérieure à la partie supérieure du bordé en affleurant la face supérieure de celui-ci et une serre intérieure, dans les mêmes conditions à l'intérieur du bordé entre les têtes des fausses membrures.

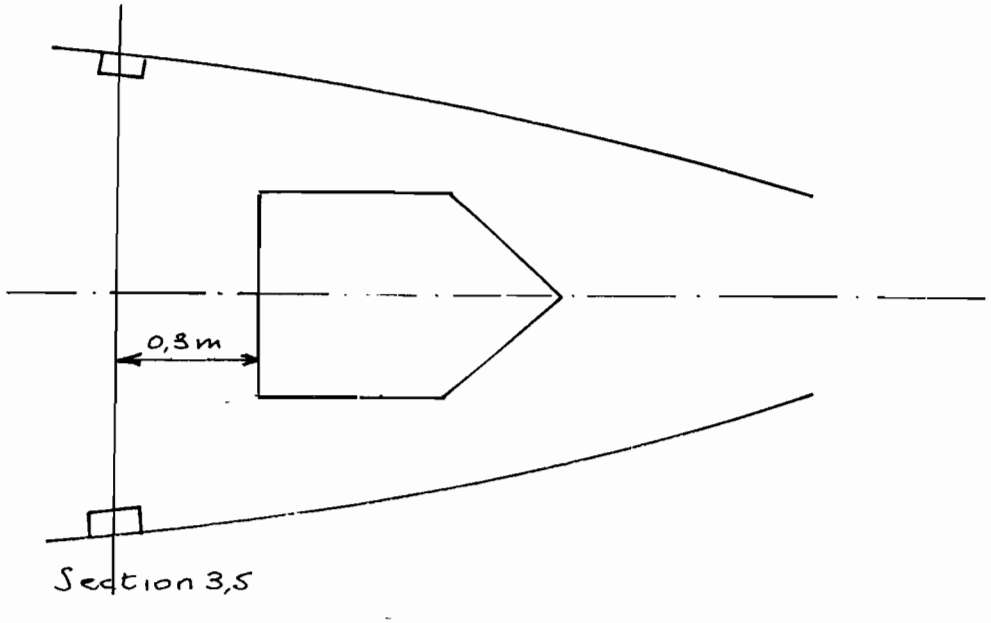
Effeurer ensuite les têtes des fausses membrures avec les faces supérieures du bordé et des deux serres.



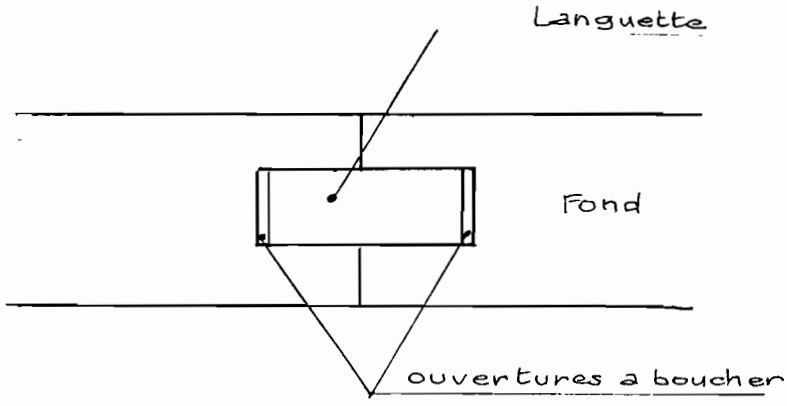
7. REALISATION ET POSE DU PUITS MOTEUR

7.1 Perçage du fond

Percer dans le fond de l'embarcation un trou de la forme ci-dessous, permettant au plus juste de passer l'embase du moteur retenu (30 cm après la section 3.5).

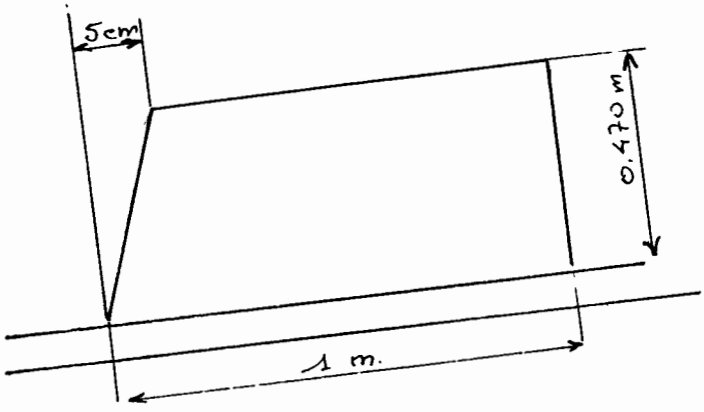


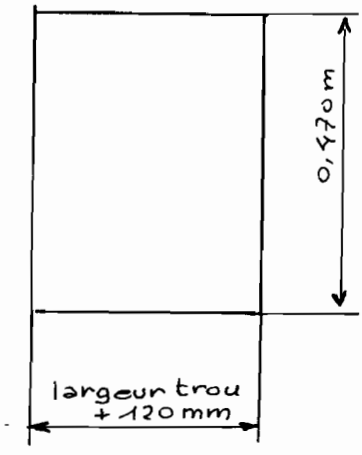
Boucher soigneusement avec de fines languettes de bois les ouvertures qui pourraient apparaitrent dans la section autour de la langette d'assemblage et coller à la mélocolle 306



7.2 Préparation des éléments

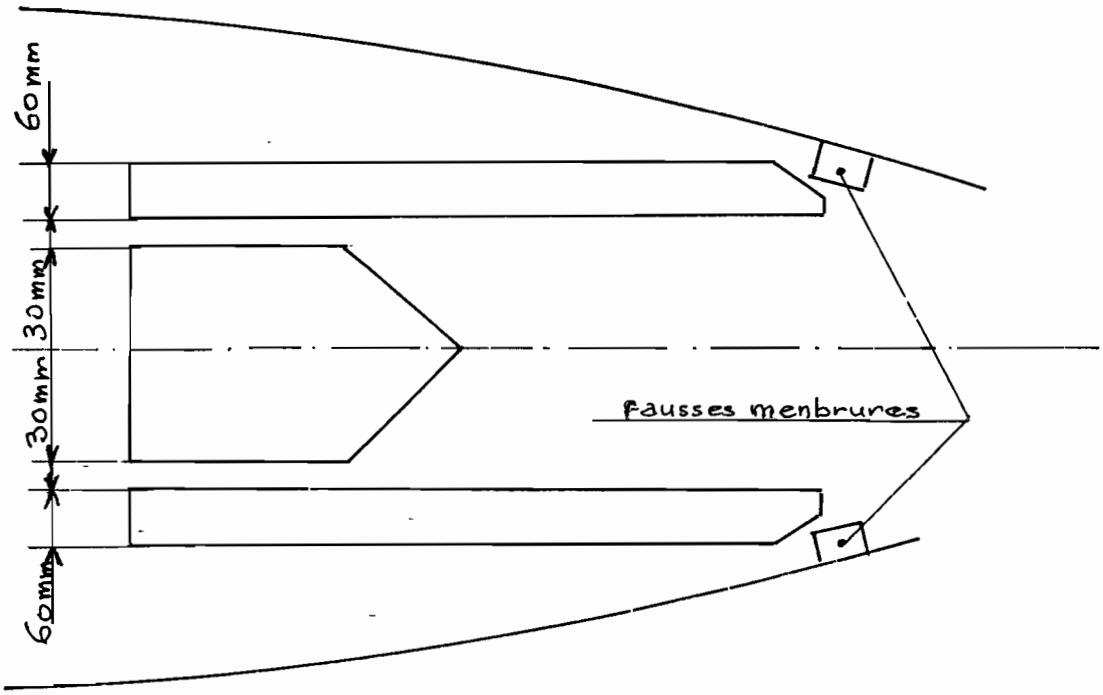
Préparer dans les chutes du fond des tasseaux de 30 x 60 mm.
Préparer les côtés latéraux, avant et arrière du puits.



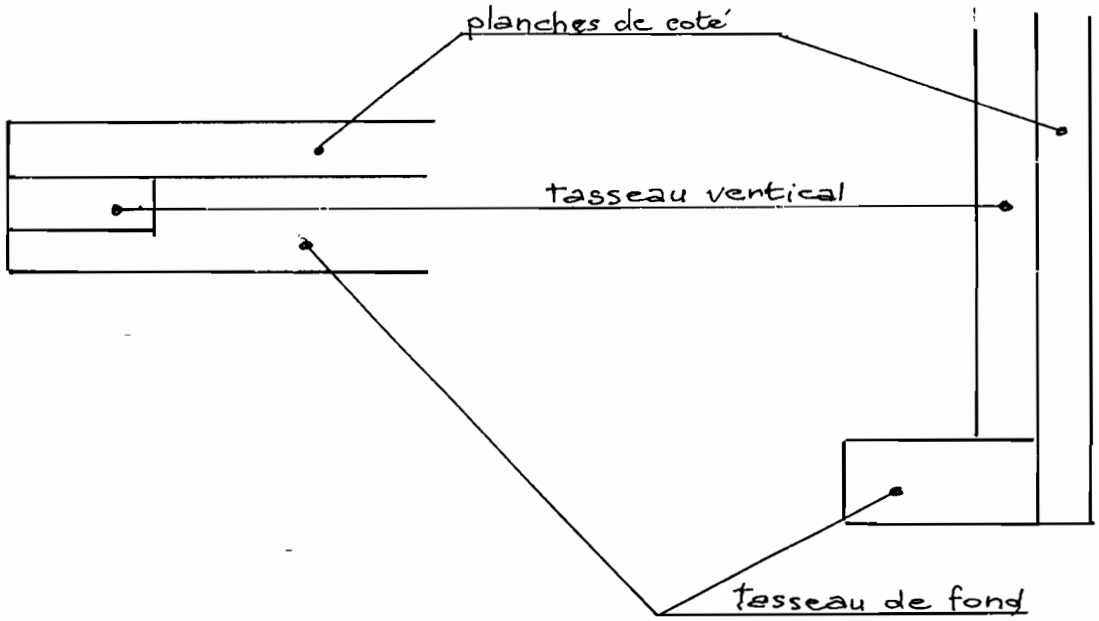


7.3 Réalisation des faces latérales

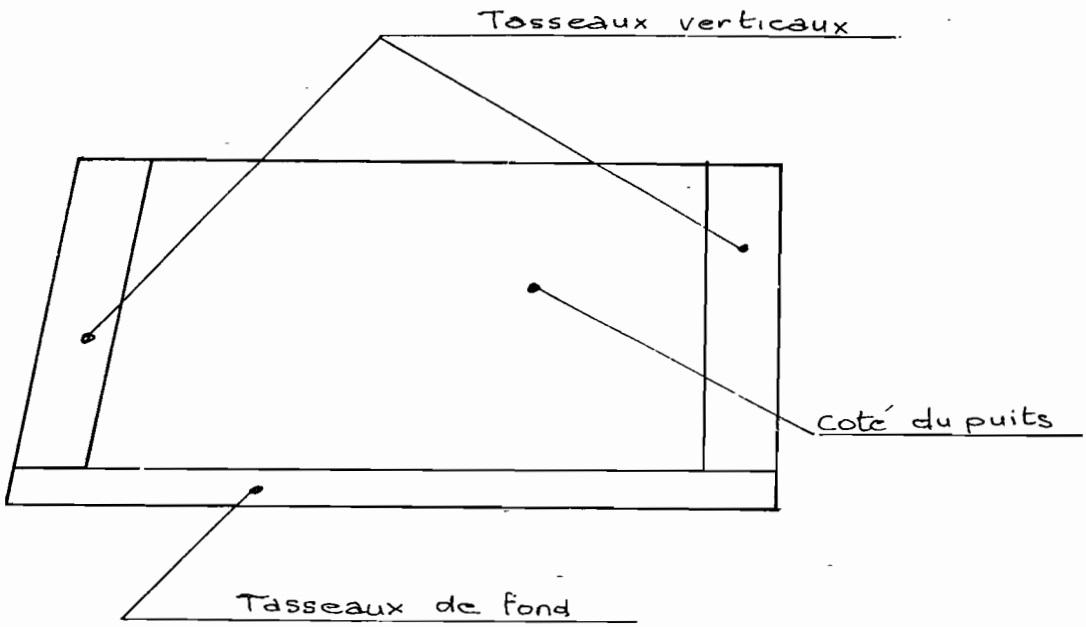
Ajuster si nécessaire la partie extérieure des tasseaux latéraux qui seront fixés partie la plus large sur le fond, les tasseaux étant disposés à 30 mm de part et d'autre du trou percé dans le fond.



Préparer deux tasseaux qui seront fixés à l'extérieur et à l'extrêmité de chacune des planches de côté, dans les sens de la hauteur, au dessus des tasseaux se fixant sur le fond, partie la plus large sur le côté du puits.



Clouer les trois tasseaux ainsi préparés sur chacune des deux faces latérales avec des pointes de 50, pour les côtés de 60 pour le fond, des côtés vers les tasseaux avec interposition d'élastomère.



7.4 Réalisation des faces avant et arrière

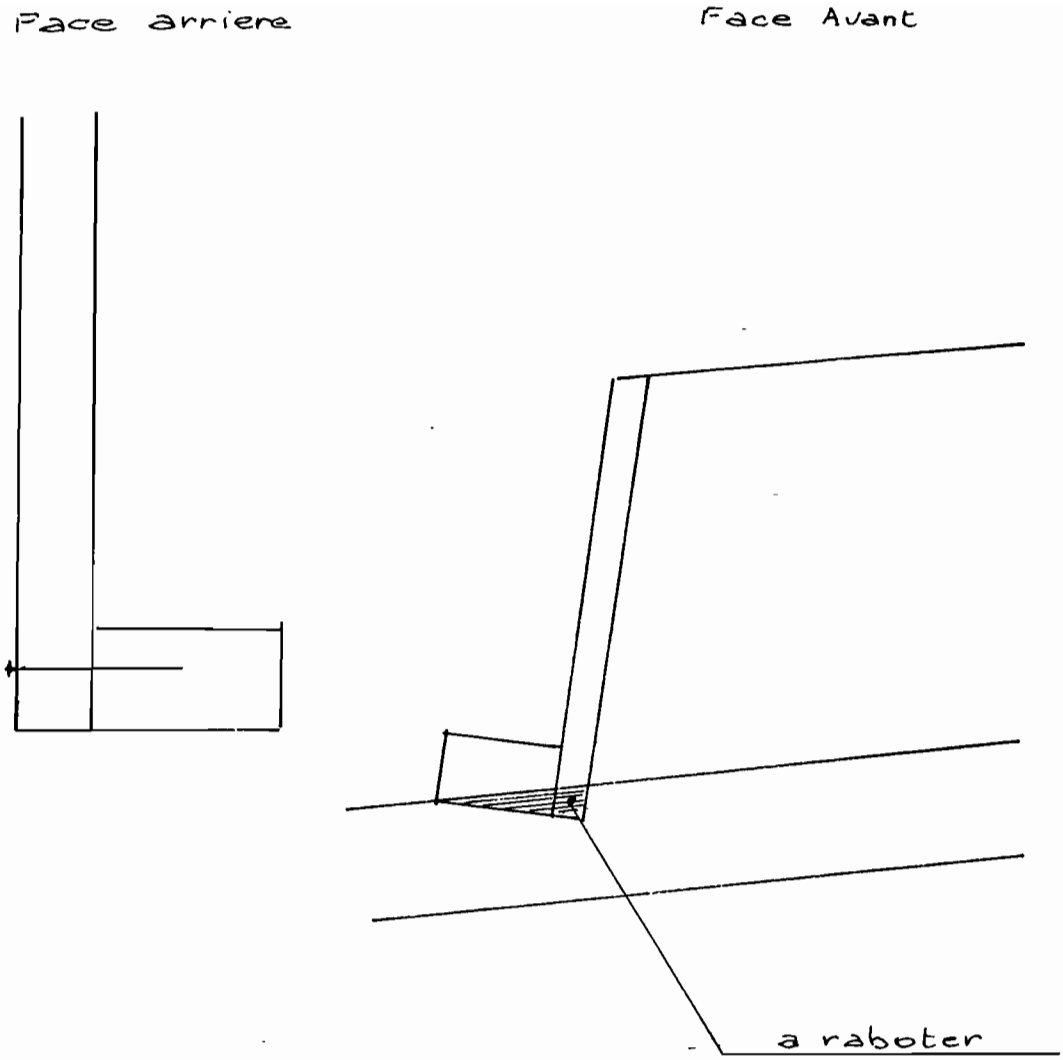
Face arrière

Poser un tasseau face la plus étroite du tasseau contre la partie inférieure du côté, clouer (pointes de 60) du côté vers le tasseau avec interposition d'élastomère.

Face avant

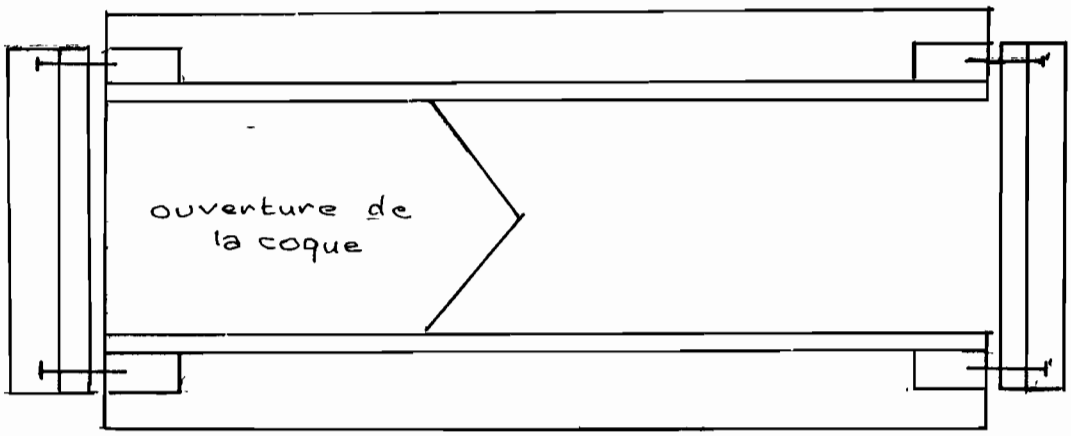
Poser un tasseau face la plus étroite du tasseau contre la partie inférieure du côté clouer, (pointes de 60) du côté vers le tasseau avec interposition d'élastomère.

Mettre provisonement en place des deux faces latérales du puits présenter la face avant et raboter la partie inférieure de celle-ci équipée de son tasseau de façon a lui permettre de plaquer correctement sur le fond.

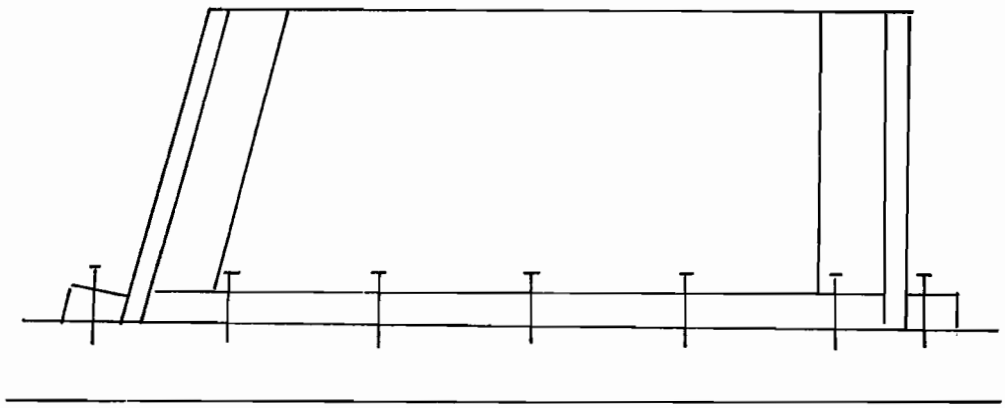


7.5 Assemblage et pose

Assembler les quatres faces du puits, (pointes de 50 et élastomère) en clouant des côtés vers les tasseaux.



Poser l'ensemble sur le fond et clouer (pointes de 80 avec élastomère) une pointe tous les 5 cm (faire au préalable un avant trou dans les tasseaux pour le passage des pointes).

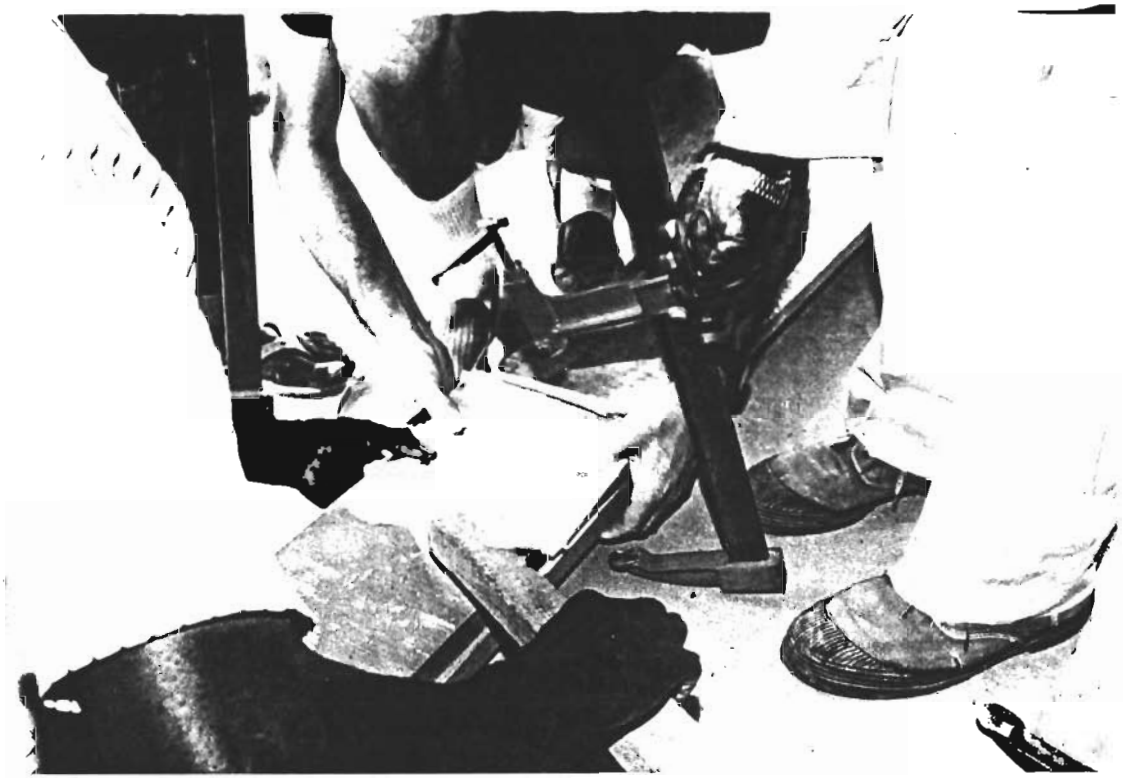


Affleurer les parties supérieures des quatres faces du puits.

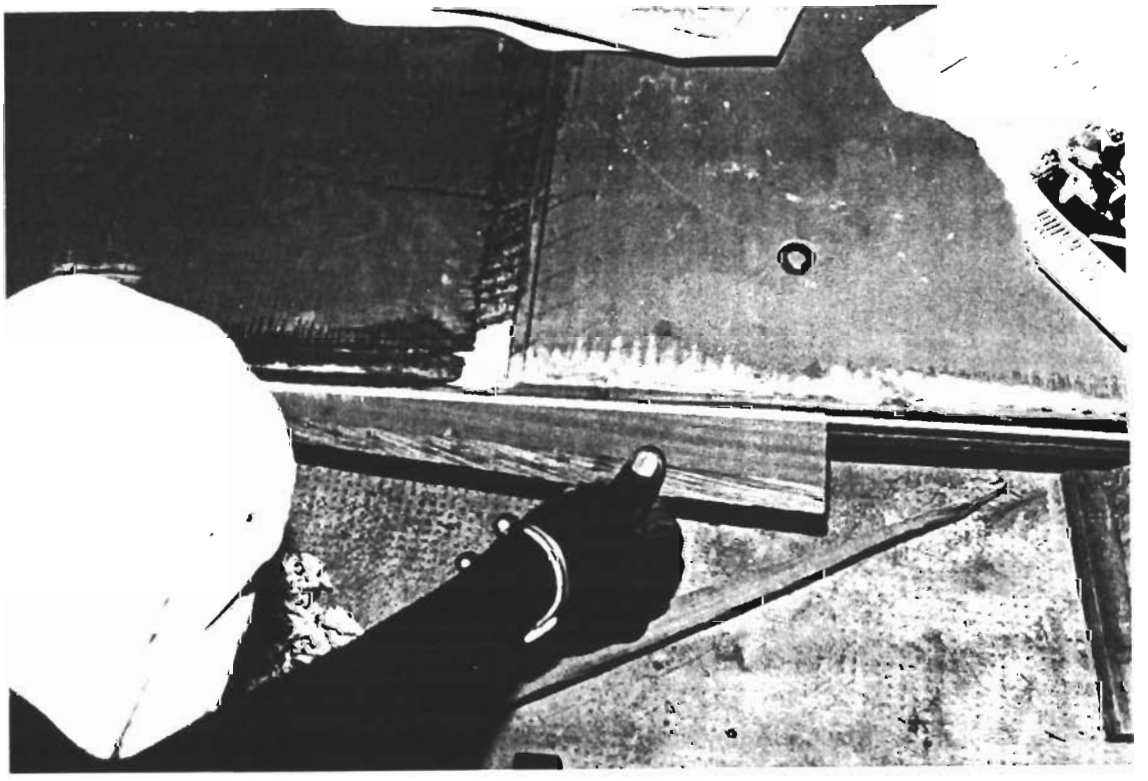
A N N E X E I I

PREPARATION DES BISEAUX POUR LE COLLAGE DES PLANCHES DE BORDE

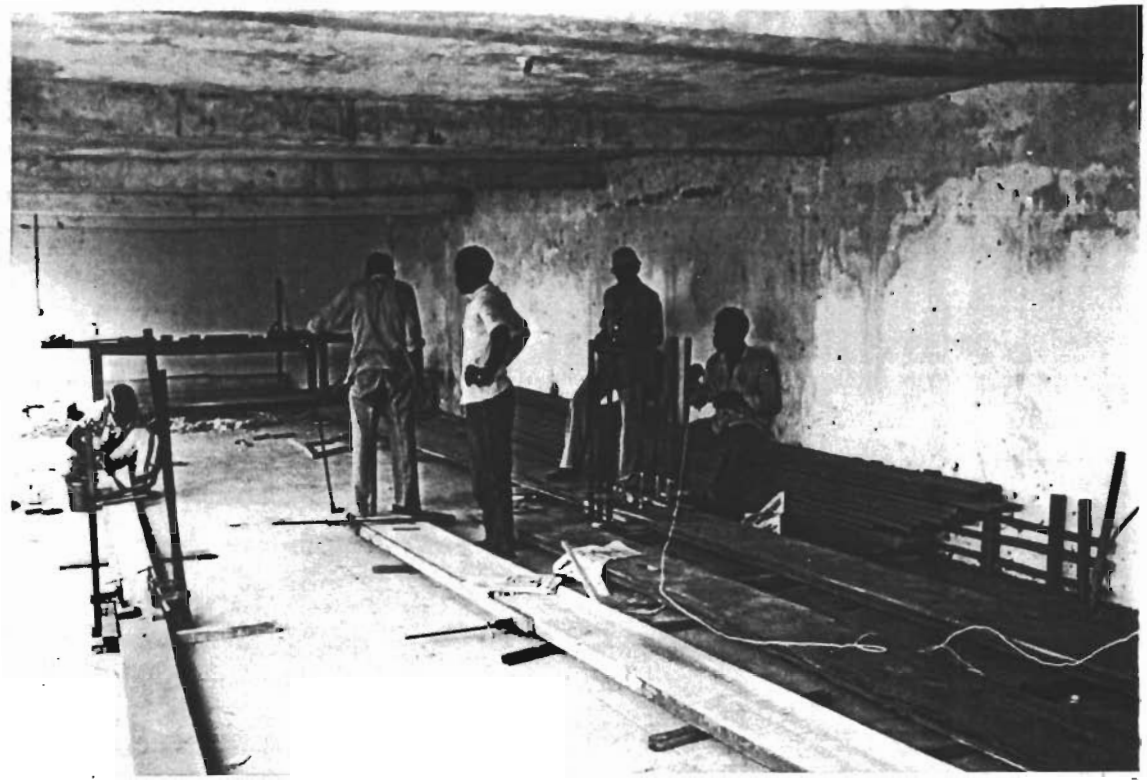
COLLAGE EN BISEAU DE DEUX PLANCHES DE BORDE



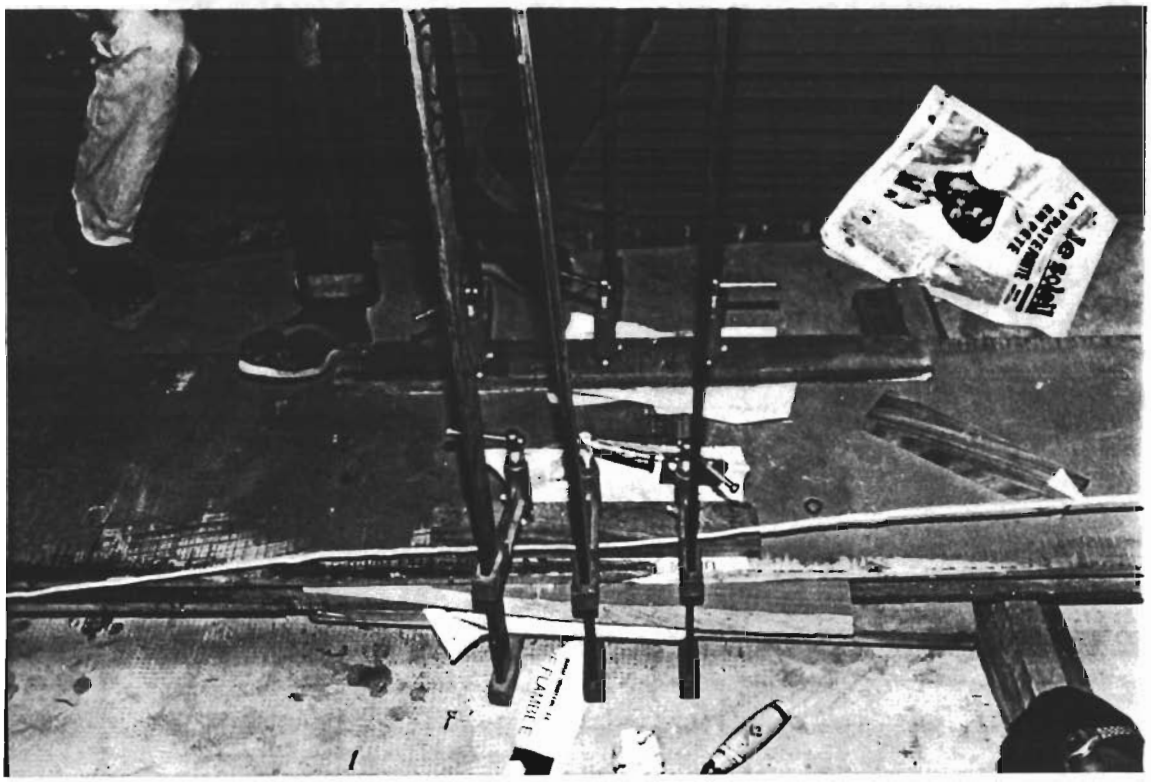
PREPARATION DU COLLAGE EN BISEAU DE DEUX PLANCHES DU FOND



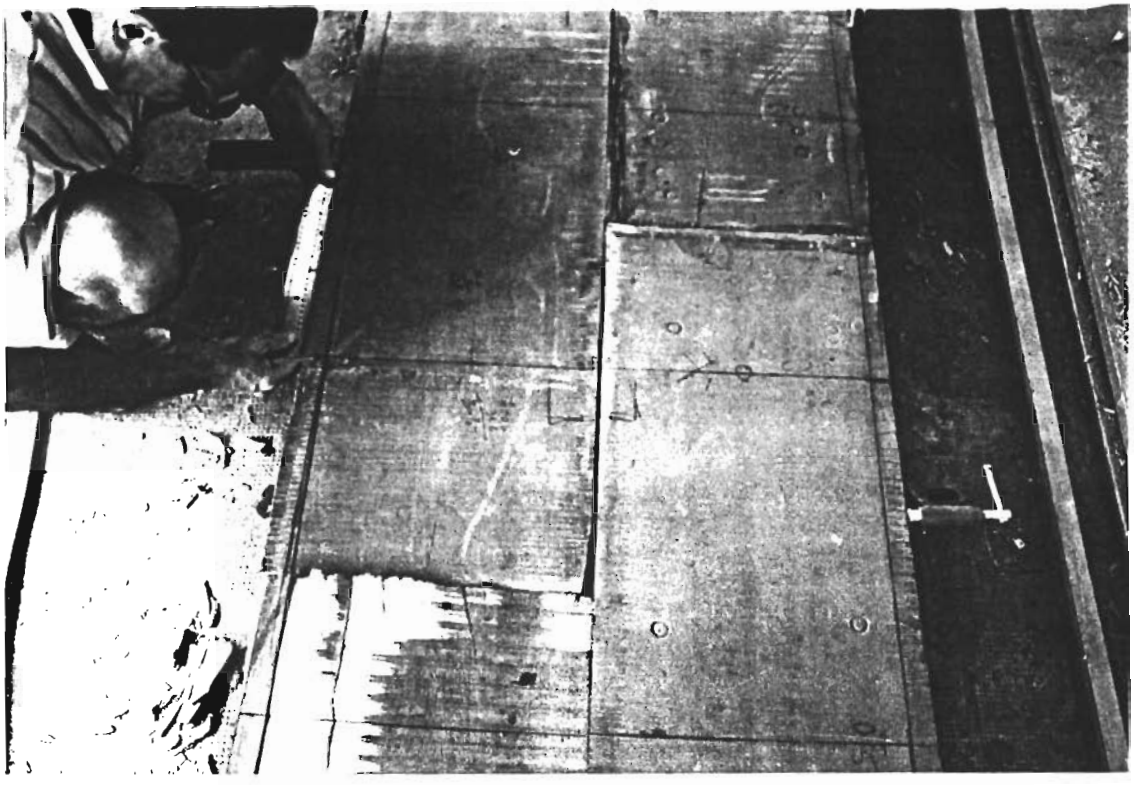
LES PLANCHES DU FOND EN COURS DE COLLAGE



DETAIL DU COLLAGE DE DEUX PLANCHES DE FOND



TRACAGE DE FOND

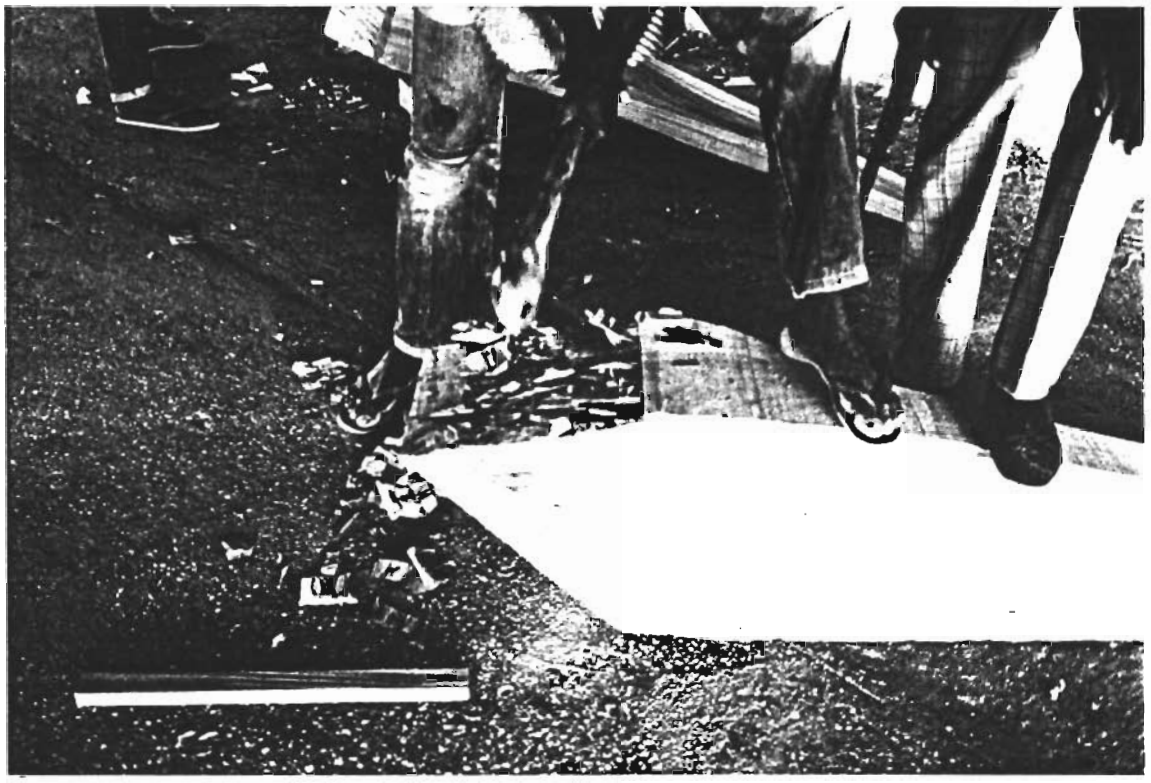


DECOUPAGE DU FOND

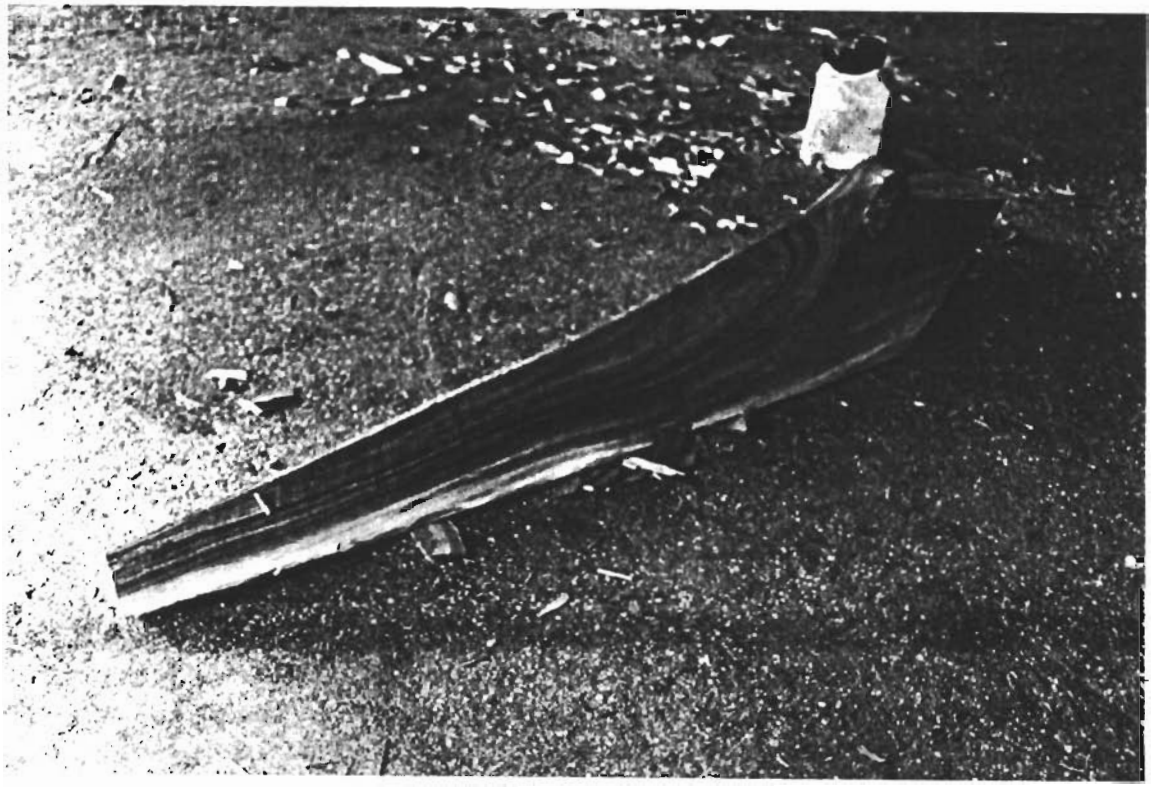
UN DEMI FOND, USINAGE DU CHANT

UN DEMI FOND, POSE DES LANGUETTES DANS LA RAINURE

FACONNAGE D'UN EPERON



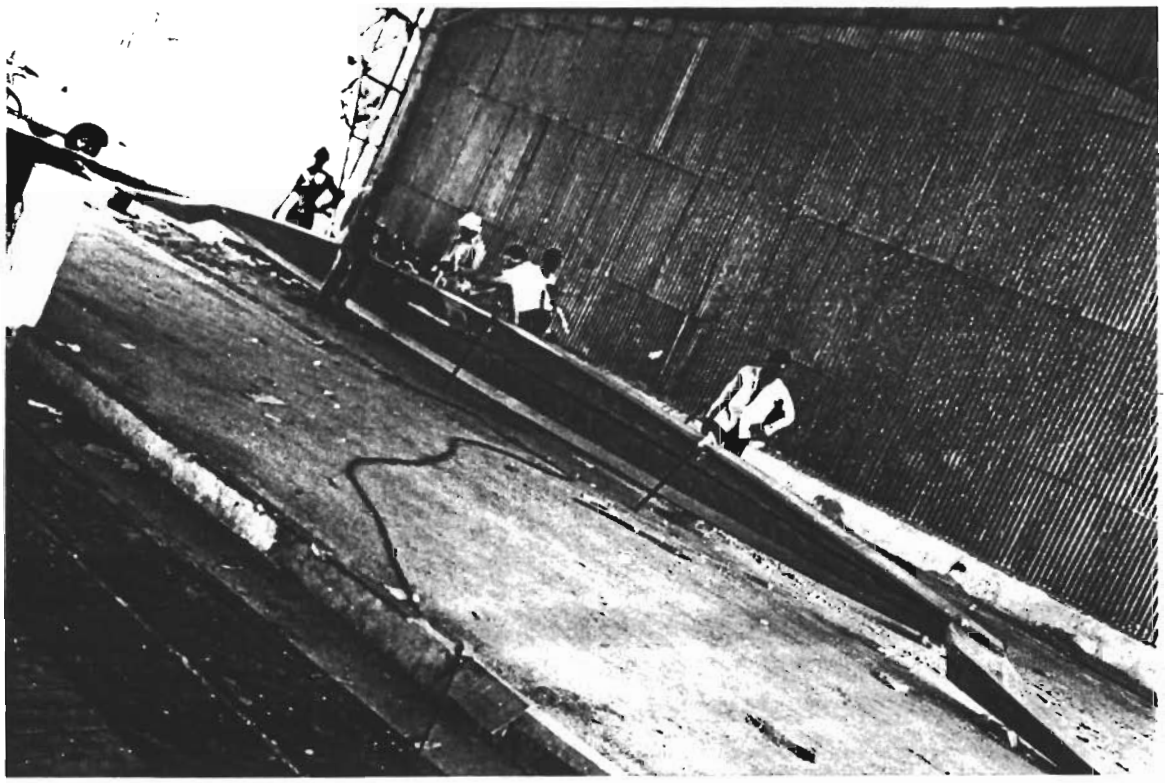
EPERON TERMINE



PERCAGE DE L'EPERON POUR FIXATION SUR LE FOND ET EPERON FIXE

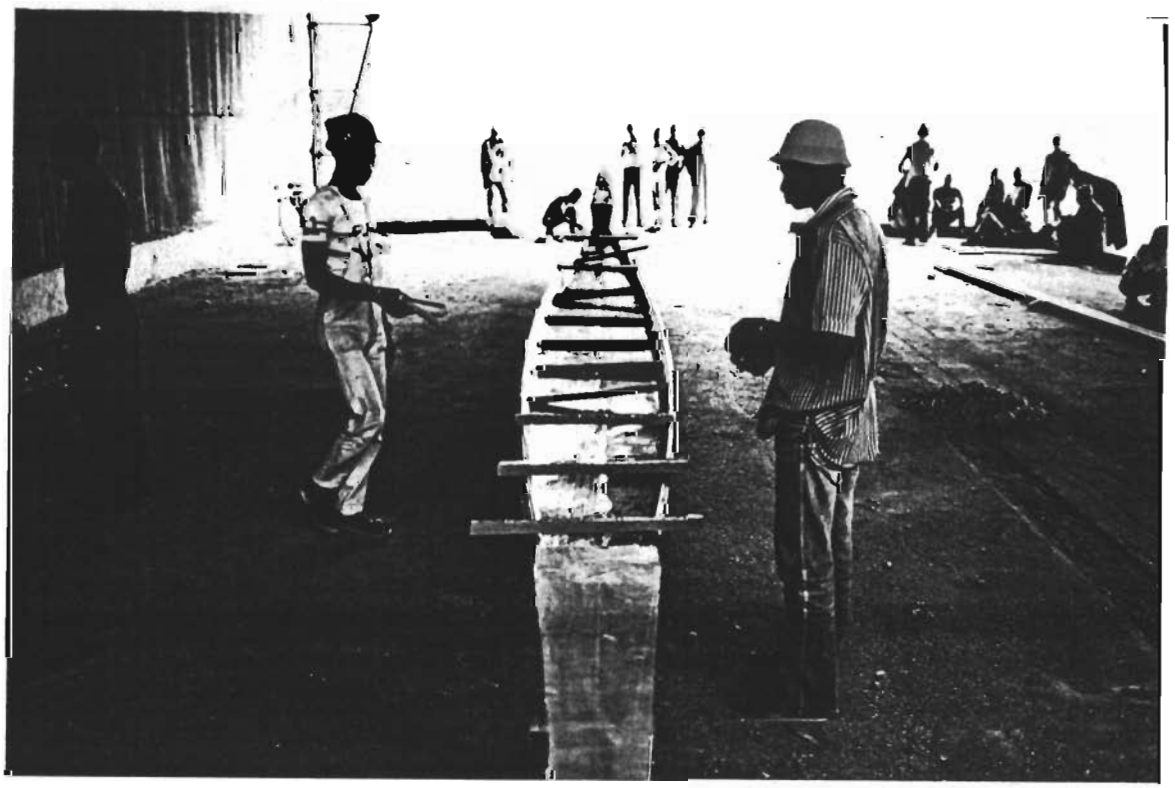
POSE DU PREMIER BORDE

FOND AVEC EPERON ET LES DEUX PREMIERES PLANCHES DE BORDE



AFFLEURAGE DES DEUX PREMIERES PLANCHES DE BORDE ET DU FOND

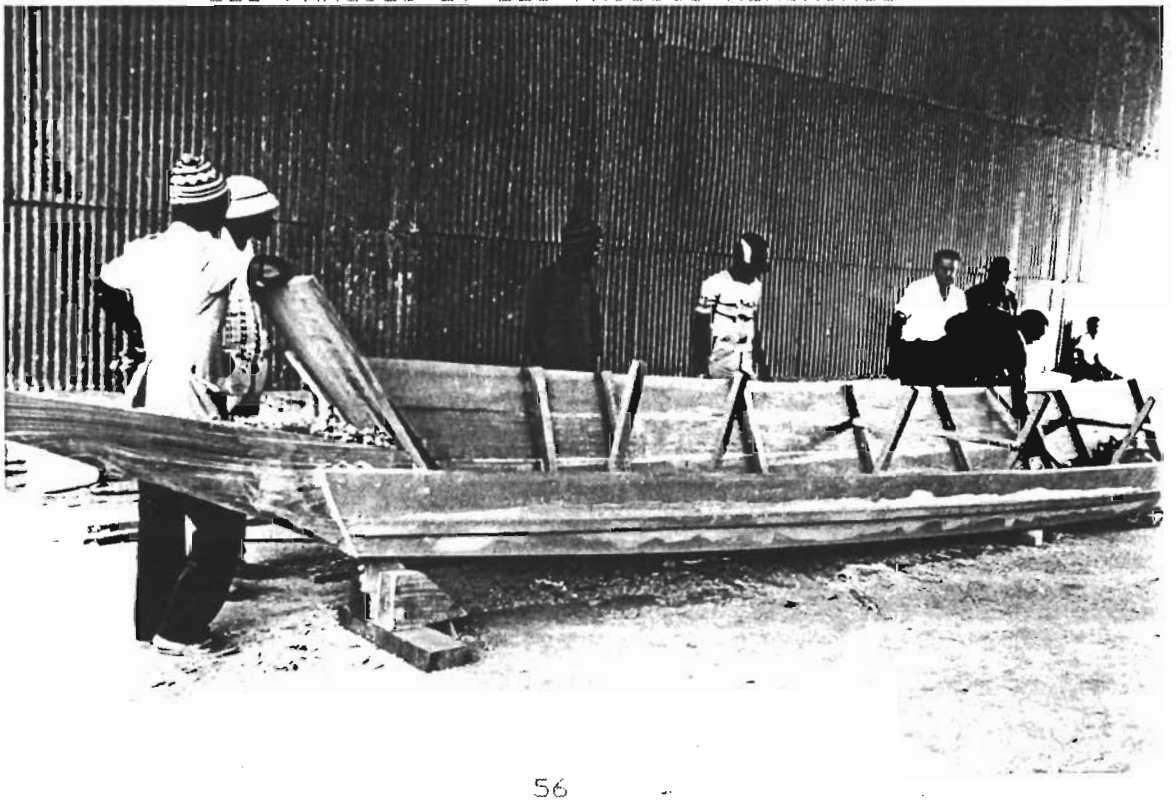
DISTRIBUTION DES FAUSSES MEMBRURES



PREPARATION DE LA POSE D'UN SECOND BORDE SUR UN EPERON

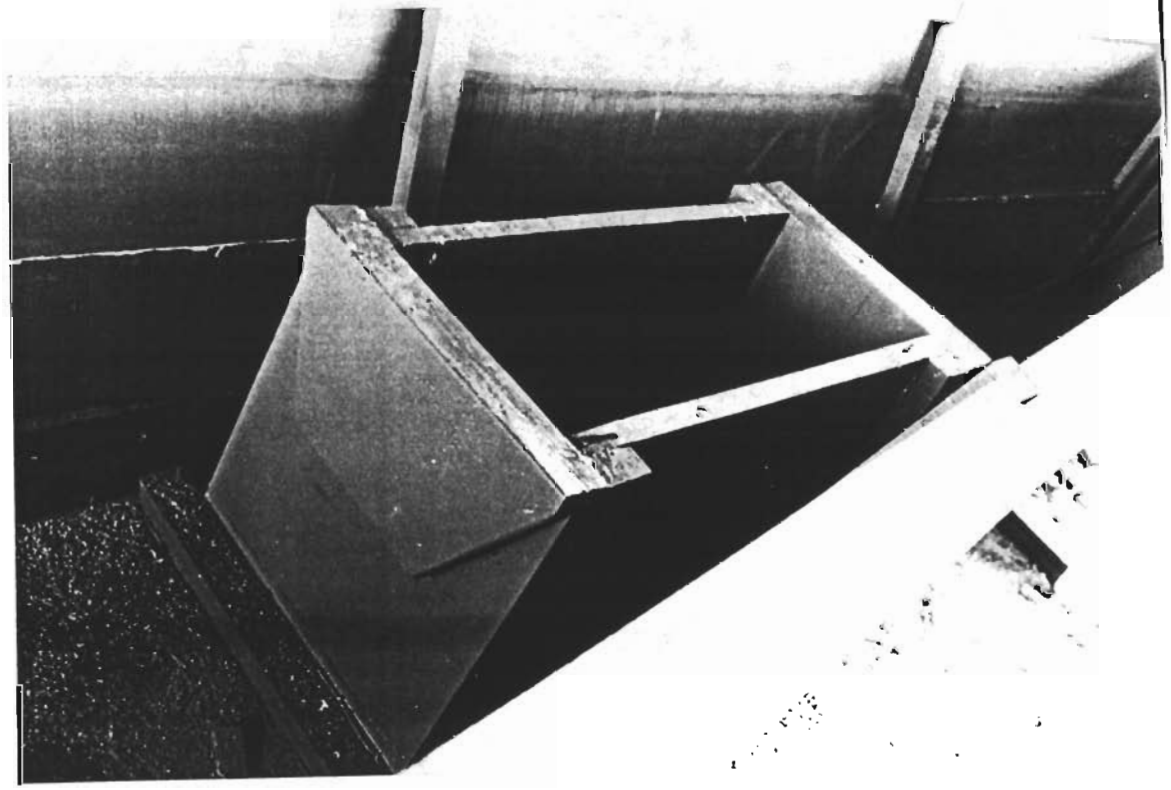
EN COURS DE POSE DES BORDES SUPERIEURS ON DISTINGUE

LES FARGUES ET LES FAUSSES MEMBRURES

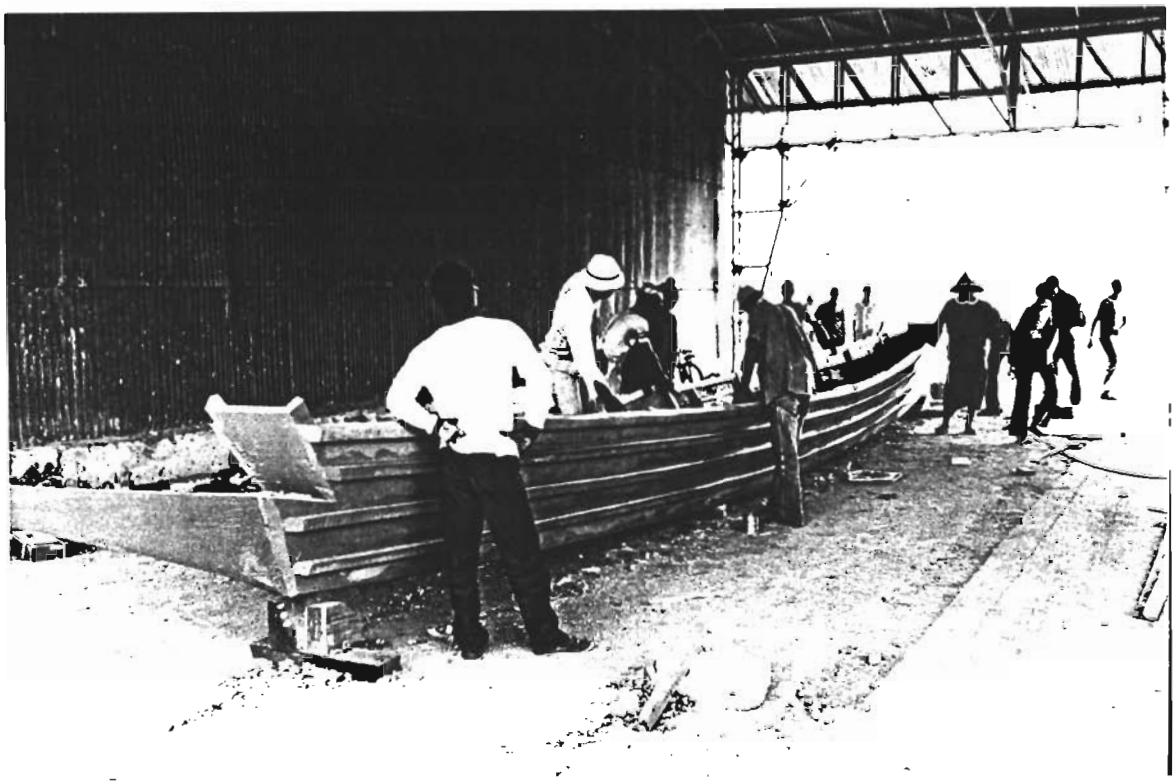


BORDE TERMINE, POSE DE LA SERRE INTERIEURE

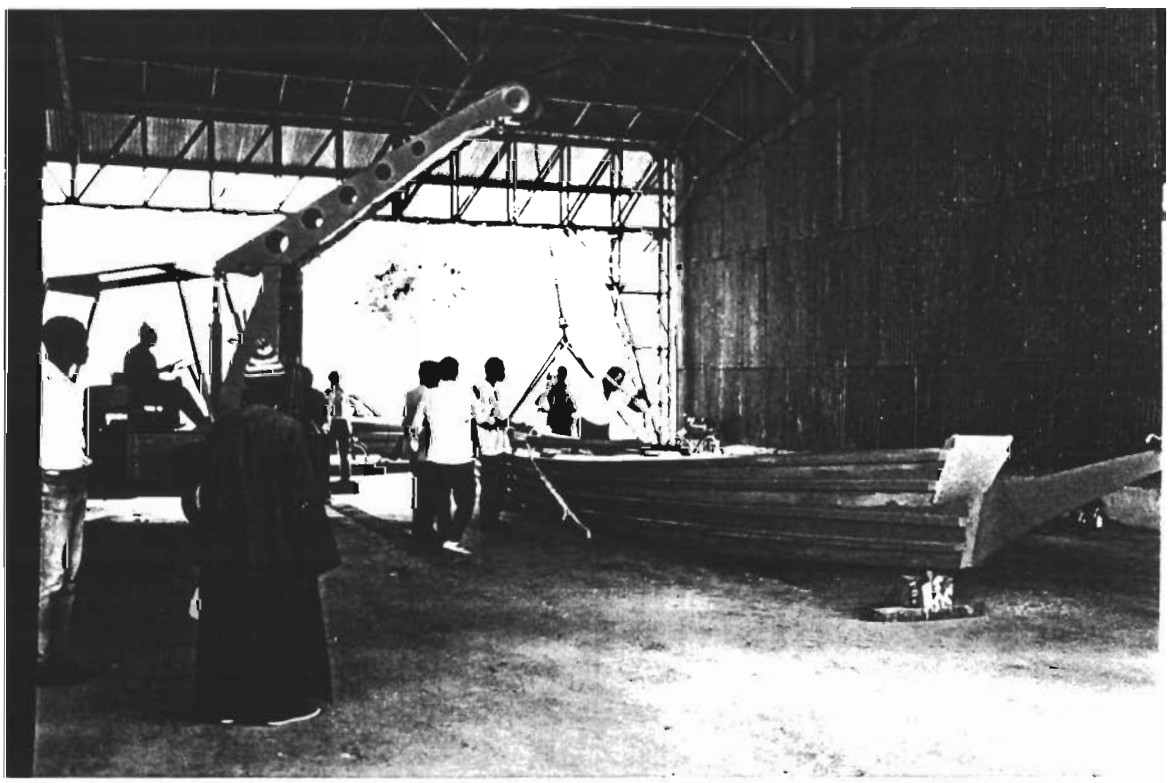
LE PUITS MOTEUR



EMBARCATION TERMINEE



DEBUT DE LA MANUTENTION



A N N E X E III

RAPPELS DE THEORIE DU NAVIRE

FEUILLES DE CALCULS

METHODES D'ESSAIS

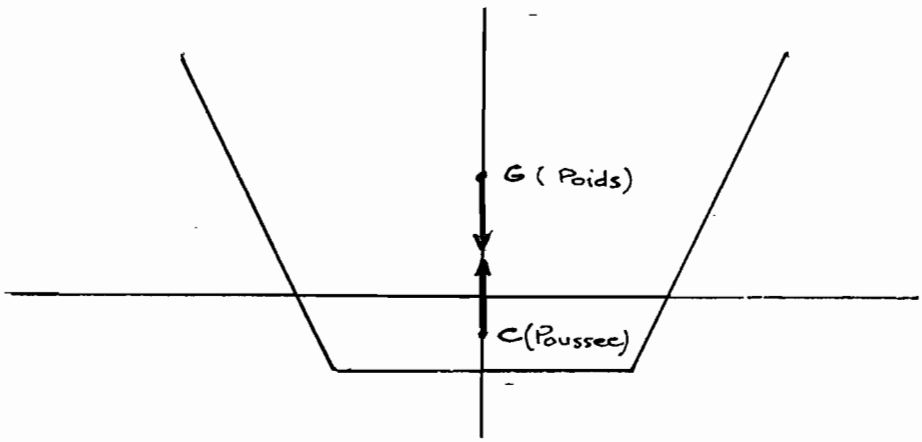
1. CALCULS DU POIDS, DE POSITION DE CENTRE DE GRAVITE, DE FLOTTABILITE ET DE STABILITE

1.1. Rappel de théorie de la stabilité

Un corps plongé dans un liquide subit de la part de celui-ci une poussée verticale de bas en haut égale au poids du volume liquide déplacé (POUSSEE D'ACHIMEDE), cette force passe par le centre de gravité du liquide déplacé c'est à dire par son centre de carène "C".

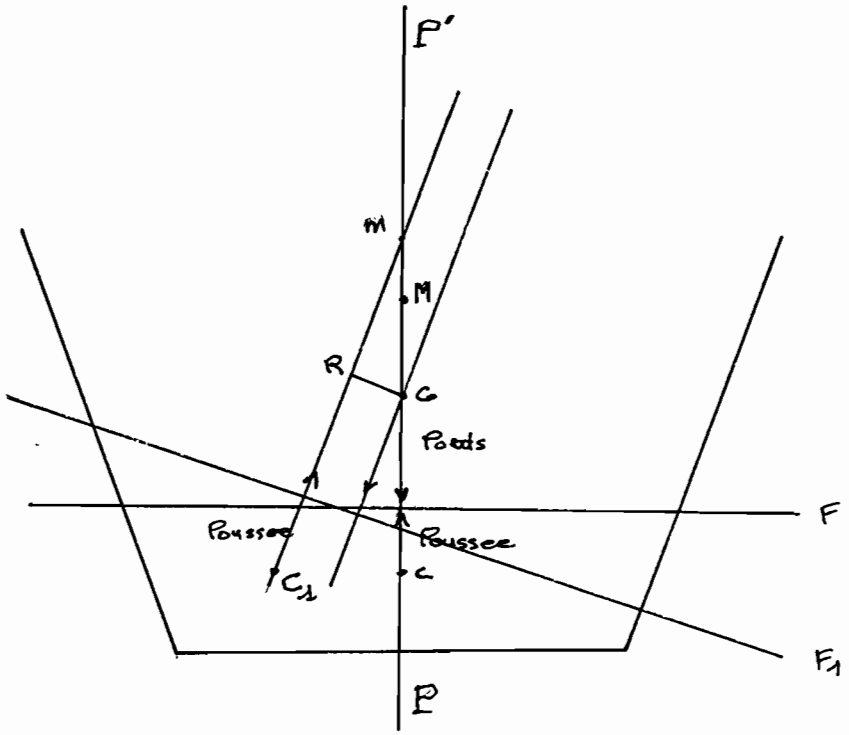
Le navire est en outre soumis à une force verticale dirigée vers le bas, égale à son poids et passant par son centre de gravité "G".

Le navire étant en équilibre a flottaison constante, ces deux forces sont égales.



Lorsque le navire s'incline (il gite), la carène est déformée et le centre de carène se déplace. Par contre, la position du centre de gravité reste inchangée. (Il n'y a ni modification de poids ou de forme du navire).

Le volume d'eau déplacé reste donc le même et si le volume est déformé, sa valeur n'est pas modifiée. On dit que les flottaison F et F1 sont isocarènes.



Le centre de carène C correspond à la carène droite. Lorsque la carène est inclinée le centre de carène prend une nouvelle position C1. D'une façon générale à chaque inclinaison de carène correspond un centre de carène.

Le centre de carène étant passé en C1 la poussée d'Archimède passe par C1 et le poids P passe toujour par G. Ces forces restent verticale par rapport à la nouvelle horizontale F1. Ces deux forces égales et opposées forment un couple.

Si la poussée agissant en C1 rencontre l'axe initial PP' au dessus du centre de gravité G (cas de la figure) ce couple tend à redresser le navire. C'est un couple de stabilité. Sa valeur est

$M = P \times GR$

GR étant la distance qui sépare G de la nouvelle verticale du centre de carène.

Le point m ou la nouvelle verticale du centre de carène rencontre l'axe initial PP' est dit point métacentrique transversal correspondant à l'inclinaison θ

Le triangle GR m permet d'écrire

$M = P(cm - CG) \sin \theta$

La distance cm du centre la carène droite au point métacentrique est appelée hauteur métacentrique. On la désigne généralement par h. La distance CG du centre de carène ou centre de gravité est toujours désignée par la lettre a

Dans ces conditions le couple de redressement a pour valeur

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

Lorsque l'inclinaison θ tend vers 0, le point m tend vers une position limite M que l'on appelle métacentre correspondant à la floraison droite, la distance CM du centre de carène au point M est alors appelée rayon métacentrique relatif à la floraison droite et désigné par la lettre grecque

Le moment de stabilité initial est alors

$M = P\ (\rho - a) \sin \theta$

La quantité $(\rho - a)$ est appelée bras de levier de stabilité initial.

On démontre que la valeur du rayon métacentrique $\rho - a$ pour valeur

$\rho = Io/V$

en désignant par Io le moment d'inertie de la flottaison droite par rapport à l'axe longétudinal du navire et par v le volume de carène correspondant à cette floraison.

A partir de ces résultats, la méthode permettant de reconnaitre les grandeurs caractéristiques de la flottabilité d'un navire est la suivante :

1) Calculer le poids du navire et la position verticale de son centre de gravite par rapport à un plan repère correspondant généralement au point le plus bas du navire (dessous de la quelle).

2) Calculer pour un certain nombre de floraisons choisies arbitrairement (mais encadrant la flottaison supposee)

- le volume de la carène v
- le centre de carène c
- le moment d'inertie de la surface de floraison Io

Dans un même système d'axe portant en abeysse les flottaisons choisies on trace les 3 courbes v, c, Io

La connaissance du poids P du navire permet de repérer la valeur du volume de carène correspondant

$v = P/d$ avec d, densité du liquide dans lequel est plongé le navire (pour l'eau de mer d = 1.025 kg/m3).

La connaissance de v permet en se reportant sur les courbes de déterminer la flottaison réelle, les valeurs de c et de Io correspondantes. et donc le calcul de $\rho - a$.

1.2. Méthode expérimentale de mesure du terme($\rho - a$)

On surchage le navire d'une masse M. d'une importance telle que son déplacement transversal entrainera une gite (inclinaison) facilement mesurable.

Il est recommandé de tenir compte de cette masse et de sa position pour effectuer les calculs décrits au paragraphe précédent.

On installe sur le navire un potence supportant un fil a plomb dont l'extrémité inférieur trompe dans un récipient rempli d'eau de façon a assortir les oscillations.

On installe également une réglette graduée devant laquelle circule le fil du pendule.

La connaissance de la distance séparant le point de suspension du fil et de la réglette permet pour chaque inclinaison de calculer θ.

Ces inclinaisons sont provoquées par le déplacement de la masse M, du centre du navire vers un des bonds engendrant un couple C = Md.

d étant la distance du centre de gravité de la masse M et l'axe longétudinal du navire.

On a alors (ƒ-a) =C/P sin θ
P étant le poids du navire
Si P est inconnu

On a P(-a) = C/ sinθ qui constitue déjà une excellente indication relative à la stabilité du navire.

II. Calcul relatifs à la pirogue réalisée

2.1. Poids de la pirogue et position du centre de gravité repère par rapport au dessous quille densité du bois prise égale à700 KG/m3

ELEMENT	POIDS KG	POSITION DU CG m	Moment m kg
Fond	274,108	0,087	23,847
Eperons(2)	163,100	0,470	76,657
Bordé	570,864	0,484	276,298
Puits moteur	30,122	0,328	9,880
Fargues	25,200	0,654	16,481
Total bois	1063,364	0,379	403,163
Chevillage pointu colle etc....	35,000	0 379	13 265
Total général à vide	1098,364	0,379	416,388
Masse d'essai expérience stabilité	40,000	0,815	32,602
Total essai	1138,364	0,394	448,990

I.2.2. Calcul du volume immergé,du moment d'inertie de la surface de flottaison et de la position du centre de carène pour les flottaisons 0.1 m, 0.2 m et 0.3 m

FLOT 0.1 De(0a100)

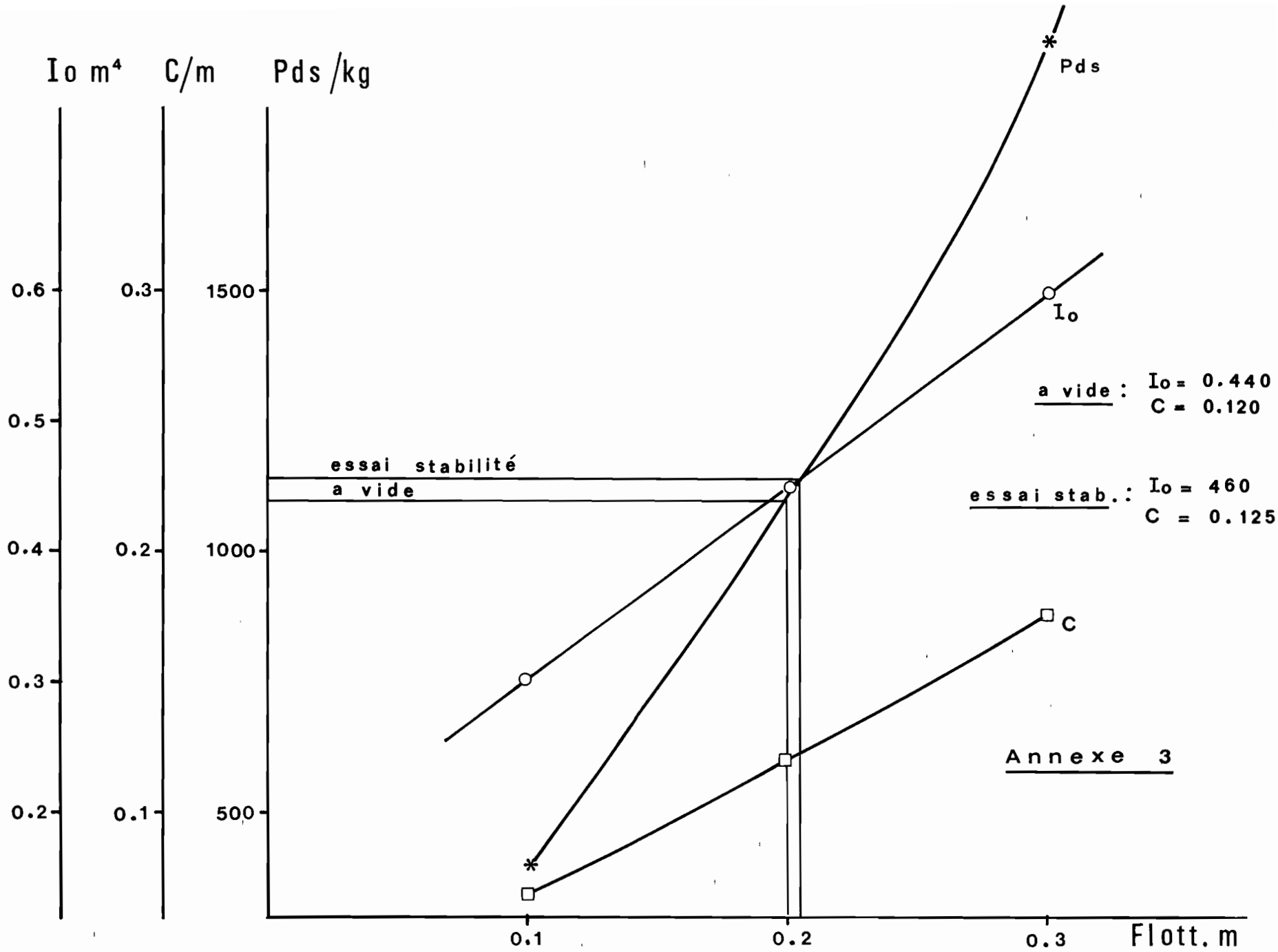
SECTIONS	DemLargB	DemLargH	HautTRANC	SurfSect	VolTran	Io Rect	Io Tri	IoR+IoT	HautFORD	HautTranc	Haut C	Moment
0	,39600	,45400	,10000	,04250								
,5	,39600	,44900	,09830	,04153	,02101	,01509	,00025	,01534	,00850	,09915	,05808	,00122
1	,39000	,43700	,09300	,03846	,02000	,01391	,00057	,01448	,00435	,09565	,05218	,00104
1,5	,38000	,41900	,08400	,03356	,01800	,01226	,00079	,01305	,02200	,08850	,06625	,00119
2	,36500	,39600	,07200	,02740	,01524	,01035	,00090	,01125	,03600	,07800	,07500	,00114
2,5	,34500	,36700	,05600	,01994	,01183	,00824	,00098	,00921	,05360	,06400	,08560	,00101
3	,32100	,33400	,03700	,01212	,00801	,00621	,00092	,00713	,07450	,04650	,09775	,00078
3,5	,29100	,29600	,01400	,00411	,00406	,00432	,00083	,00515	,09950	,02550	,11225	,00046
4	,25700		-,01300		,00034	,00054	0	,00054				,00685
4,5	,21700		-,04300							C a .1=	,06955	
5	,17300		-,07700									
5,5	,12300		-,11400									
6	,06900		-,15500									
				Vol 1/4	,09849		Io 1/4	,07616				
				Vol Tran	,39396		Io Total	,30465	Vol Total	,39396	Poids	403,81

FLOT .2 De100a200

SECTIONS	DemLargB	DemLargH	HautTRANC	SurfSect	VolTran	Io Rect	Io Tri	IoR+IoT			
0	,45400	,51100	,10000	,04825							
,5	,44900	,50300	,10000	,04760	,02396	,02121	,00051	,02172			
1	,43700	,48700	,10000	,04620	,02345	,01925	,00095	,02020			
1,5	,41900	,46600	,10000	,04425	,02261	,01687	,00114	,01801	C=.15		
2	,39600	,43900	,10000	,04175	,02159	,01410	,00130	,01540	V=.17412		
2.5	,36700	,40700	,10000	,03870	,02011	,01124	,00133	,01256		Ht=	,02613
3	,33400	,37100	,10000	,03525	,01849	,00851	,00124	,00975	C a .2=		,12097
3.5	,29600	,32900	,10000	,03125	,01663	,00594	,00114	,00707			
4	,25700	,28300	,08700	,02349	,01369	,00378	,00092	,00470			
4,5	,21700	,23200	,05700	,01280	,00907	,00208	,00069	,00277			
5	,17300	,17800	,02300	,00404	,00421	,00094	,00043	,00137			
5,5			-,01400		,00040	,00014	0	,00014			
6			-,05500								
				Vol 1/4	,17412		Io 1/4	,11368			
				Vol Tran	,69648		Io Total	,45472	Vol TOTAL	1,09	Poids 1117,70

FLOT .3 DE200a300

SECTIONS	DemLargB	DemLargH	HautTRANC	SurfSect	VolTran	Io Rect	Io Tri	IoR+IoT			
0	,51100	,56900	,10000	,05400							
,5	,50300	,55700	,10000	,05300	,02675	,02880	,00093	,02973			
1	,48700	,53700	,10000	,05120	,02605	,02581	,00095	,02676			
1,5	,46600	,51200	,10000	,04890	,02503	,02237	,00114	,02351	C=.25		
2	,43900	,48200	,10000	,04605	,02374	,01866	,00130	,01996	Ht=.052		
2,5	,40700	,44700	,10000	,04270	,02219	,01489	,00133	,01621	C a .3=		,17584
3	,37100	,40700	,10000	,03890	,02040	,01124	,00124	,01248			
3,5	,32900	,36200	,10000	,03455	,01836	,00791	,00114	,00904			
4	,28300	,31300	,10000	,02980	,01609	,00511	,00092	,00603			
4,5	,23200	,25900	,10000	,02455	,01359	,00290	,00069	,00358			
5	,17800	,20200	,10000	,01900	,01089	,00137	,00043	,00180			
5,5	,12300	,14100	,08600	,01135	,00759	,00047	,00021	,00068			
6	,05900	,07700	,04500	,00306	,00330	,00008	,00006	,00013			
				Vol 1/4	,21066		Io 1/4	,14992			
				Vol TRAN	,84265		Io Total	,59966	VOL TOTAL	1,93309	Poids 1981,41


Io m⁴
C/m
Pds /kg
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.3
0.2
0.1
1500
1000
500
Pds
Io
C
essai stabilité
a vide
a vide : Io = 0.440
C = 0.120
essai stab. : Io = 460
C = 0.125
Annexe 3
0.1
0.2
0.3
Flott. m

2.2. Calcul du bras de levier de stabilité initial (ρ-a)

- Nous avons vu que ρ = Io/V et a = CG-C

<u>A vide</u> : = 0.440/1.09 = 0.403 m
a = 0.379 - 0.120 = 0.259 m
ρ -a = 0.403 - 0.259 = 0.144 m

<u>Dans les conditions de l'essai de stabilité</u>

P = 0.460/1.110 = 0.414 m
a = 0.394 - 0.125 = 0.269 m
ρ-a = 0.414 - 0,269 = 0.145 m

Ces valeurs, bien que nettement positives ne sont pas très élevées. (Une valeur de 0.5 m serait souhaitable).

Elles résultent de deux impératifs

1. Ne pas dépasser 0,4 m pour la largeur des planches de fond

2. Ne pas trop compliquer la construction en réalisant le fond à l'aide de plus de deux planches.

Notons que dans l'étude 00959 DOPM du 27/4/1983 le calcul d'une pirogue traditionnelle construite au CAMP avait fait apparaitre un ρ-a égal à -0,061 m (instabilité caractérisée autour de la position droite). Ce fait est coroboré par l'examen des pirogues traditionnelles au mouillage qui pour leur plus grand nombre gitent sur un bord.

3. RESISTANCE A L'AVANCEMENT, METHODES DE MESURE DE VITESSE ET DE PUISSANCE DE PROPULSION

3.1. <u>Rappel de théorie de la résistance des carènes</u>

Quand un corps solide est plongé dans un fluide et qu'ils sont en mouvement relatif, la pression en chaque point du corps a une composante normale et une composante tangentielle.

En envisageant ces deux systèmes de forces, la résistance à l'avancement se décompose en deux :

- Résistance de frottement
- Résistance de rencontre

Dans le cas d'une petite embarcation surtout lorsque la carène est propre, la résistance de frottement peut être dans un premier temps négligée devant l'importance de la résistance de rencontre.

RESISTANCE DE RENCONTRE

D'abord, aux faibles vitesses, la résistance de rencontre est proportionnelle au carré de la vitesse, puis quand les vagues apparaissent, elle croit plus vite que V2.

On décompose la résistance de rencontre un peu fictivement en deux parties.

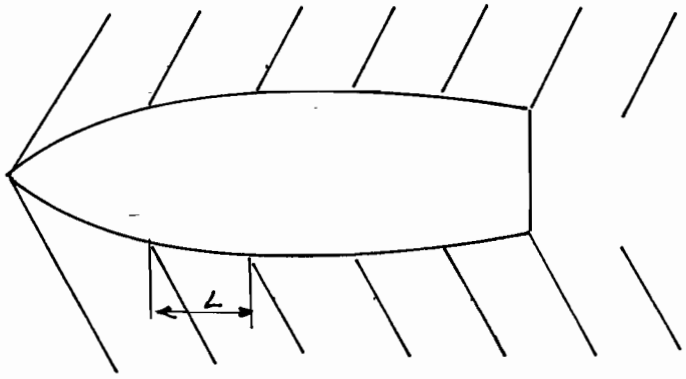
- Une résistance très faible de la forme KOV^2 (K coefficient de forme, O surface du mètre couple, V vitesse de déplacement.)

- Une résistance due aux vagues, très importantes lorsque le degré de vitesse augmente.

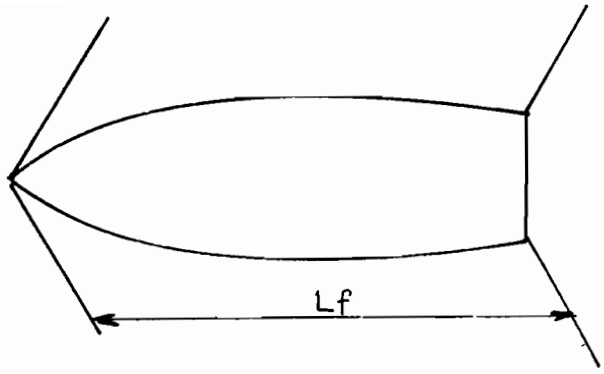
Le navire est accompagné par un système de vagues qui sont fixes par rapport à lui.

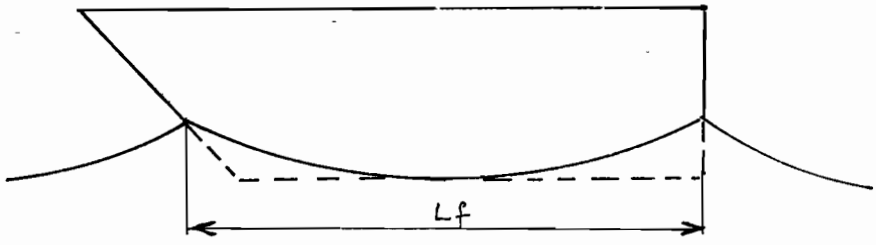
La distance entre deux crètes des vagues est sensiblement égale à $L = 2\pi V^2/g$

C'est à dire à la longueur de la houle trochoïdale ayant pour célérité la vitesse du navire.



La distance L augmentant avec la vitesse du navire, il arrive un moment ou elle est égale à sa longueur lf.
Celui-ci est alors littéralement "enfermé" à l'intérieur de la vague qu'il a crée.





On a alors : $V_c = (gLf/2\pi)^{1/2}$

avec g accélération de la pesanteur

Lf longueur à la flottaison

La vitesse corespondante, engendre une résistance à l'avancement telle que seuls les navires ayant une forme de carène les rendant aptes au "planer" sont susceptibles de la dépasser

Cette vitesse est appelée vitesse critique de carène. En adoptant un système d'unité usuel en techniques navales on a :

$Vc = 2.31xLf^{1/2}$

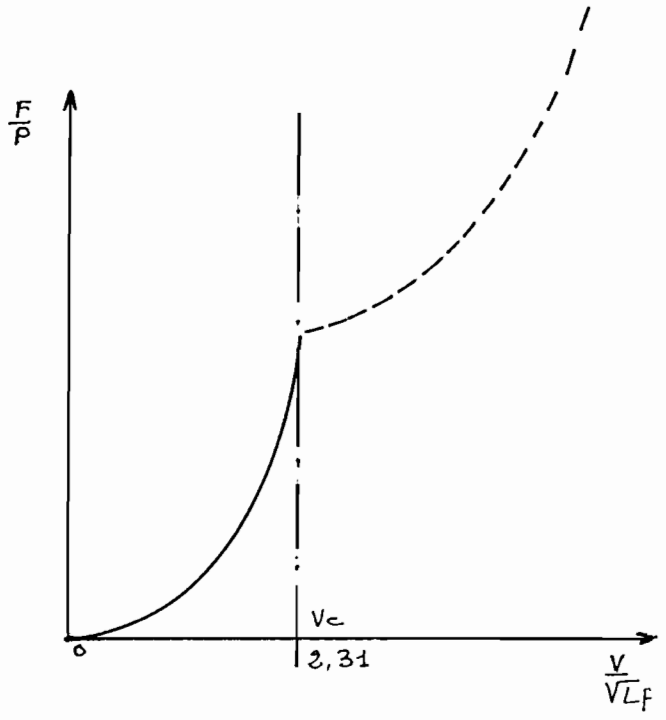
Lf longueur de la flottaison en mètres

Vc = vitesse critique en noeuds

Le rapport $V/Lf^{1/2}$ constitue un rapport de simulitude entre carènes de longueurs à la flottaisons différentes est appelé degrés de vitesse.

La résistance à l'avancement est caractérisée par le rapport F/P, F étant la résistance à l'avancement, P le poids du navire.

L'examen des caractéristiques d'une carène s'effectue dans le plan figurant à dessous, sur laquelle nous avons tracé une courbe caractéristique et la vitesse critique de la carène.



La partie pleine de la courbe correspond au régime subcritique de fonctionnement de la carène, au début de laquelle sont limités par raison d'économie les bateaux lourds, (navires de pêche, ou dé charge) la partie en pointillée correspond au régime supercritique auquels accèdent seuls quelques navires legers particulièrement étudiés (vedette rapides).

Le relevé d'une telle courbe est effectué généralement sur maquette en bassin de carène préalablement à la construction du navire, mais il peut être confirmé au cours des essais du navire terminé par des mesures de vitesse effectuées simultanément avec des mesures de puissance de propulsion, où de poussée sur les lignes d'arbre, ces deux grandeurs étant liées par la relation.

$W = F \times V$ W = puissance réelle à l'hélice
F = poussée sur les lignes d'arbre
V = vitesse du navire

La vitesse est mesurée au chronomètre sur une base de longueur connue.

La puissance est normalement mesurée par l'intermédiaire de la consommation instantanée de carburant en tenant compte de la consommation spécifique du moteur.

Deux autres méthodes de détermination de la puissance peuvent être utilisées de façon plus pratique mais moins précise.

- On effectue un essai à la pleine puissance du moteur à son régime nominal, en notant la vitesse de rotation obtenue.

Par le biai de la caractéristique de l'hélier la puissance absorbée par l'hélier aux régimes intermédiaires à pour valeur.

$$Wi = Wmax\ (Ni/Nm)^{2,8}$$

- On utilise dans le cas d'embarcations équipées de moteurs amovibles, plusieurs moteurs de puissance différentes poussés à plein régime au cours de chaque essai.

Ne possédant ni tachymetre ni matériel permettant une mesure directe de consommation de carburant c'est cette dernière méthode qui a été mise en oeuvre au cours des essais de la pirogue prototype.

3.2. Vitesse critique de carène de la pirogue prototype

Compte tenu d'une longueur à la flottaison de 12 mètres, la vitesse critique de carène a pour valeur

$V_c = 2.31 \times 12^{1/2} = 8$ noeuds.