

LA VAPEUR EN MODELISME NAVAL

JE CONSTRUIS UN MODELE REDUIT  
DE  $\Delta$  a Z.

## Préambule

Ce cahier n'a pas de prétentions particulières si ce n'est de consigner mes cogitations techniques afin d'éviter dans l'avenir de devoir recourir à différents ouvrages plus ou moins fiables pour réaliser mes nouveaux projets.

A aucun moment il n'est fait usage d'appuis scientifiques très poussés, étant donné que dans le cadre de notre hobby il faut rester essentiellement pratique.

En cours de lecture on pourra s'apercevoir que les concepts développés s'adressent à l'amateur modéliste qui rejette la solution trop simpliste consistant à monter un bateau au départ d'une boîte de construction du commerce. Tout au plus, s'inspirera-t-on de bateaux existants ou ayant existé, pour ce qui concerne la forme générale.

Le mot "maquette" voulant dire reproduction exacte à petite échelle, ne sera par conséquent repris à aucun moment.

## Genre de modèle

Il est possible de réaliser plusieurs genres de bateaux, tels que voiliers, vedettes rapides, racers, hydroplanes etc. La nostalgie des belles coques du début du siècle et la passion de la vapeur me font choisir un bateau du genre remorqueur, chaloupe, riverboat.

La construction décrite ci-après est un remorqueur d'environ 1 mètre de long. Cette dimension à l'avantage de n'être pas trop encombrante, tout en ayant bonne figure sur l'eau. L'aménagement intérieur ne demande pas une dextérité de chirurgien.

Mon modèle s'inspire d'un remorqueur de rivière du début du siècle aux caractéristiques suivantes :

Longueur	: 24 m.	Machine	: 325 ch.
Largeur	: 5,5 m.	Déplacement	: 148 T
Creux	: 2,6 m.	Vitesse hélice	: 195 t/min.
Vitesse	: 10 noeuds	Diamètre	: 1,8 m.

Mon bateau faisant 1 mètre de long, l'échelle de réduction est de 24.

## VITESSE DU MODÈLE

Pour que le modèle réduit ait une vitesse réaliste, celle-ci doit correspondre à la règle

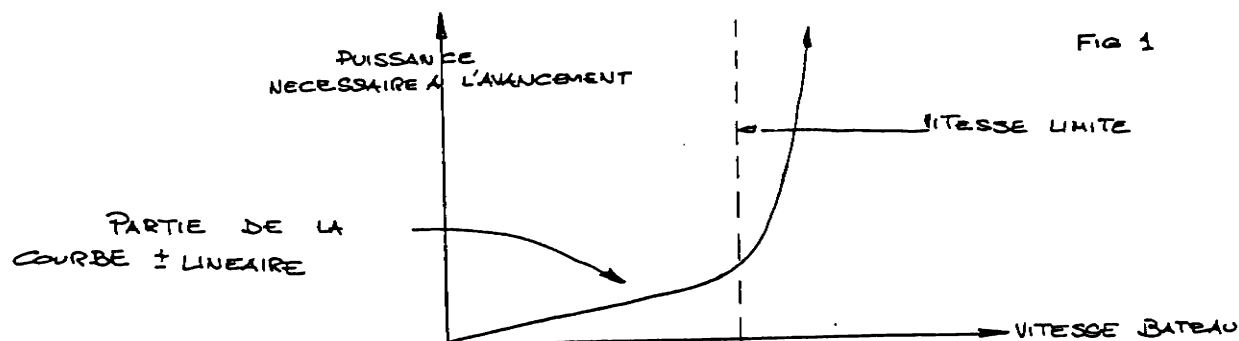
$$\text{Vit. modèle} = \frac{\text{Vit. réelle}}{\sqrt{\text{ech.}}} = \frac{10 \text{ noeuds} \times 1852 \text{ m.}}{\sqrt{24}} = 3780 \text{ m/h.} = \pm 1 \text{ m/sec.}$$

Autre approche : 1 noeud égale 0,5 m/sec.

$$\text{Vit. modèle} = \frac{10 \times 0,5}{\sqrt{24}} = \frac{5}{4,9} = \pm 1 \text{ m/sec.}$$

Une règle de bonne pratique dit qu'il faut rester en deçà de la vitesse limite qui vaut :

$$\text{Vit. lim. en m/sec.} = 1,25 \sqrt{L} \text{ bat. en m.} = 1,25 \sqrt{1} = 1,25 \text{ m/sec.}$$



Si l'on représente la puissance nécessaire à l'avancement d'un bateau sur l'ordonnée d'un diagramme et la vitesse en abscisse, on peut voir qu'à partir de la vitesse limite, une importante inflexion projette la courbe de la puissance vers les cimes de manière exponentielle.

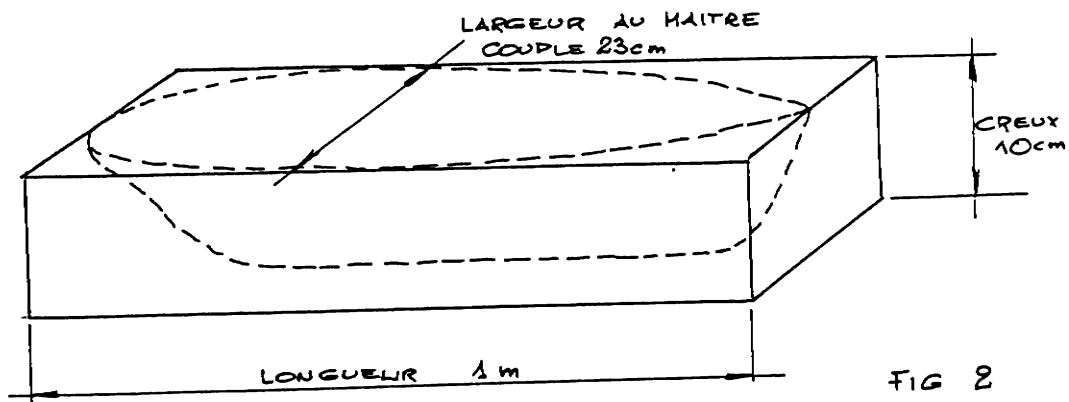
Il n'est pas raisonnable de vouloir faire naviguer un bateau à coque traditionnelle au-delà de la vitesse limite. Il n'est en effet pas possible de pouvoir installer une machinerie adéquate c.à.d. avec une puissance phénoménale dans l'espace disponible dans nos coques dites "à déplacement". Si l'on veut "la vitesse" il faut construire des coques dites "planantes". Ce genre de construction est parfois utilisé par des vaperistes mais il faut faire fonctionner ces embarcations avec des machines alimentées en "flash steam". Ceci n'entre pas dans le cadre du présent cahier.

### Poids du modèle

Un développement mathématique permet de démontrer que le poids d'un modèle réduit par rapport au poids du bateau réel vaut :

$$P. \text{ mod.} = \frac{P. \text{ reel}}{\text{Ech}^3} \quad \text{Dans notre cas le poids du modèle vaudrait : } P. \text{ mod.} = \frac{148.000 \text{ kg}}{24^3} = 10,7 \text{ kg.}$$

Comme on ne s'inspire pas toujours d'un modèle réel connu, j'utilise une autre règle pour évaluer le poids du modèle. Cette règle s'appuie sur le coefficient de finesse ou Block-coefficient. Il s'agit en fait de déterminer la part de volume déplacé par la coque par rapport au volume parallélépipédique immergé ayant comme mesures la longueur, largeur et creux du modèle réduit.



Volume du parallélépipède :  $10 \text{ dm} \times 2,3 \times 1 = 23 \text{ dm}^3$

Le poids du bateau, s'il occupait tout le volume serait donc de 23 kg.

Le poids réel du modèle dépendra de la forme de sa carène, la différence entre les 2 volumes (donc poids) dépend du coefficient de finesse.

Quelques coefficients : coque élancée 0,38 à 0,40  
genre remorqueur 0,45 à 0,50  
genre pétrolier 0,70 à 0,75

Dans notre cas on prendra un coefficient de 0,45.

Le poids du modèle sera donc évalué à  $23 \times 0,45 = 10,35 \text{ kg.}$

### Puissance à installer

Sachant le poids du modèle ainsi que sa vitesse de croisière, il faut déterminer la puissance de la machine à installer.

Voyons d'abord comment déterminer les caractéristiques de l'hélice. Étant donné la mission d'un remorqueur, on lui demande surtout de disposer d'une force de traction élevée à faible vitesse, il faut donc une grande hélice ayant du couple.

Pour respecter l'échelle et l'esthétique, le modèle sera équipé d'une hélice tripale ou quadrupale de  $\frac{180}{24} = 7,5$  cm. Le nombre de pales détermine en fait la répartition de la force de poussée sur les molécules d'eau. En pratique on reste en deçà d'une certaine valeur exprimée en  $\text{kg}/\text{cm}^2$  de pale, mais pour nos petits bateaux cela n'a aucune importance. Sachant que le rendement de nos petites hélices reste plus ou moins constant en deçà d'un angle d'incidence de pale de  $30^\circ$ , voyons quelle sera sa vitesse de rotation pour pousser le bateau à une vitesse de 1 m/sec. avec un angle d'incidence de  $20^\circ$ .

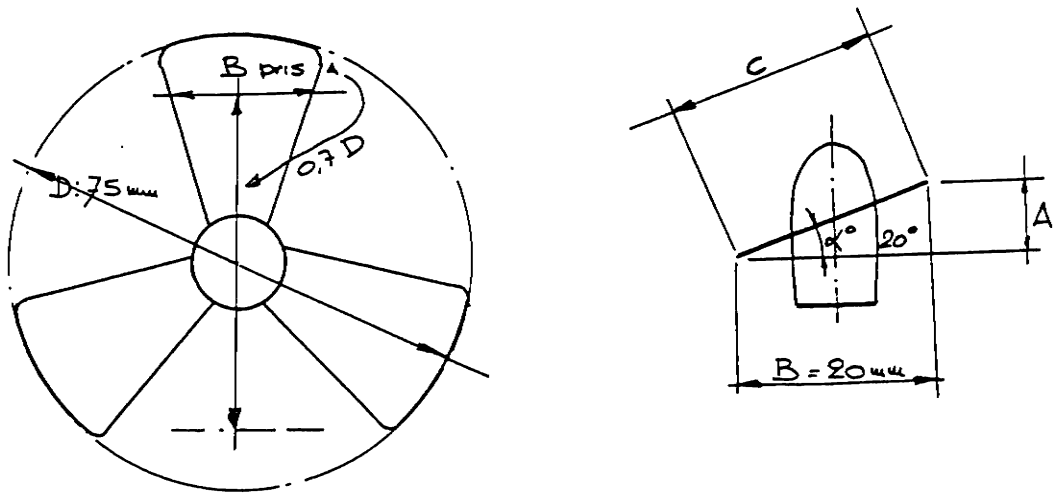


FIG 3

**Remarque :** En fait la vitesse d'avancement du bateau dépendra du pas de l'hélice avec comme critère de calcul, un diamètre valant  $0,7 D$ . Dans notre cas le pas =  $\frac{2,2 D \times A}{B}$ .

Connaissant  $B^*$  et nous souvenant que  $\text{tg } \alpha = \frac{A}{B}$   $\text{tg } 20^\circ = 0,36 = \frac{A}{20}$   $A = 20 \times 0,36 = 7,2$  m/m.

$$\text{Pas} = \frac{2,2 \times 75 \times 7,2}{20} = 59,4 \text{ mm.}$$

Si nous voulons que le chemin parcouru par le bateau soit de 1 m/sec. ou 1000 mm/sec. il faudra faire tourner l'hélice à  $\frac{1000}{59,4} = 16,8$  t/sec. Soit  $16,8 \times 60 = 1008$  t/min.

Comme le bateau a tendance à être freiné par l'eau et que celle-ci n'est pas indéformable, l'hélice "patine" ou autrement dit, il y aura glissement. Ceci se traduit par un avancement réel qui est plus petit que l'avancement théorique.

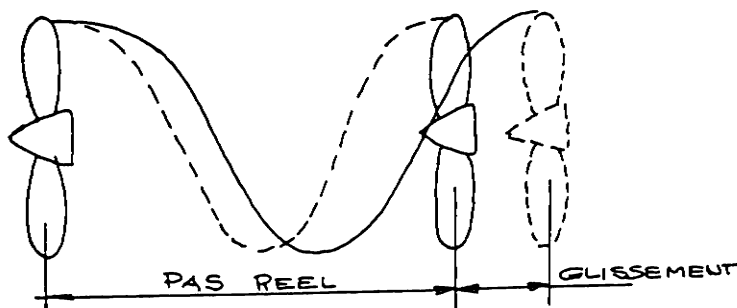


FIG 4

Pour une coque dite "à déplacement", ce qui est le cas de nos constructions, remorqueurs, chalutiers etc. le glissement sera de 40 à 50%.

Pour une coque de vitesse le glissement est de 15 à 20%.

Pour notre modèle, nous tablerons sur un glissement 50%.

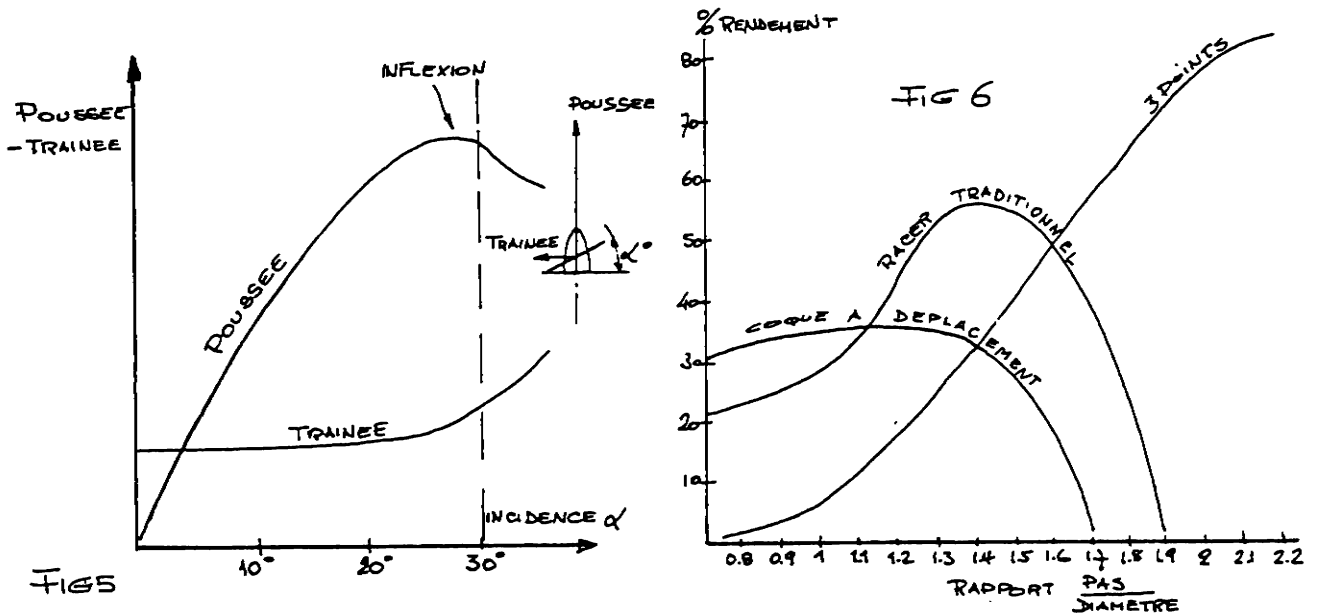
Il faudra donc faire tourner l'hélice à  $1000 + (0,5 \times 1000) = 1500$  t/min.

Une autre approche pour déterminer les caractéristiques d'une hélice consiste à s'appuyer sur le "facteur de charge" qui vaut :

$$F_{ch} = \frac{\text{Pas}}{\text{Diamètre}} \quad \text{dans notre cas } F_{ch} = \frac{59,4}{75} = 0,79$$

Un modèle léger avec une résistance à l'avancement dans l'eau peu élevée permet d'augmenter le facteur de charge.

Certains modèles rapides de type vedette rapide ont des facteurs de charge pouvant atteindre 3 voir 3,5.

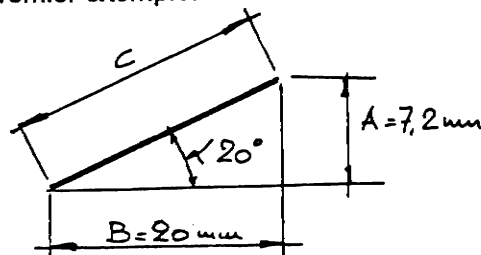


Nous savons, via le facteur de charge que le rendement de notre hélice sera de ± 30% - voir fig. 6. Nous aurions aussi pu augmenter l'angle d'incidence de l'hélice plutôt que d'augmenter le nombre de tours par minute.

Dans ce cas le pas augmentera et passera de 59,4 à  $59,4 \times 1,5 = 89,1$  mm.

Voyons ce que devient l'angle d'incidence.

Reprenons la fig. 3 du premier exemple.



$$\text{Déterminons } C \text{ en nous souvenant que } \sin \alpha = \frac{A}{C} \quad 0,342 = \frac{7,2}{C}$$

$$C = \frac{7,2}{0,342} = 21 \text{ mm.}$$

Voyons ce que devient A et B avec un pas de 89,1 mm.

$$\text{Sachant que le pas} = \frac{2,2D \times A}{B} \text{ nous pouvons écrire } 89,1 = 2,2 \times 75 \times \frac{A}{B} = \frac{89,1}{B} \times 165$$

$$\text{Souvenons-nous que } \tan \alpha' = \frac{A}{B} = 0,54$$

Les tables trigonométriques indiquent un angle correspondant de  $28^{\circ},4$

Sachant que la valeur C n'a pas changée

$$\cos \alpha' = \frac{B}{21} \quad 0,8796 = \frac{B}{21} \quad B = 18,4 \text{ mm.}$$

$$\operatorname{tg} \alpha' = \frac{A}{B} = 0,54 \quad A = 18,4 \times 0,54 = 9,97 \text{ mm}$$

Nous voyons que modifier l'angle de pale de  $8^{\circ}4$  absorbe l'effet de glissement.  
Voyons ce que devient le rendement via la théorie du facteur de charge.

$$F_{\text{ch}} = \frac{\text{pas}}{\text{diamètre}} = \frac{89,1}{75} = 1,18$$

La figure 6 indique un rendement d'hélice pratiquement inchangé.

Ceci est très important car il nous sera permis de jouer sur cette possibilité lors de la mise au point du bateau.

Il nous reste à déterminer les angles de construction de l'hélice, compte tenu du moyeu.

Afin de maintenir un pas identique à différentes distances de l'axe de rotation, l'angle de pale varie constamment à fur et à mesure de son éloignement de l'axe susdit.

C'est ainsi que l'angle de pale près du centre aura une valeur supérieure à celui du bout de pale.  
Déterminer les angles à différents endroits se fera suivant la fig. 7 ci-après :

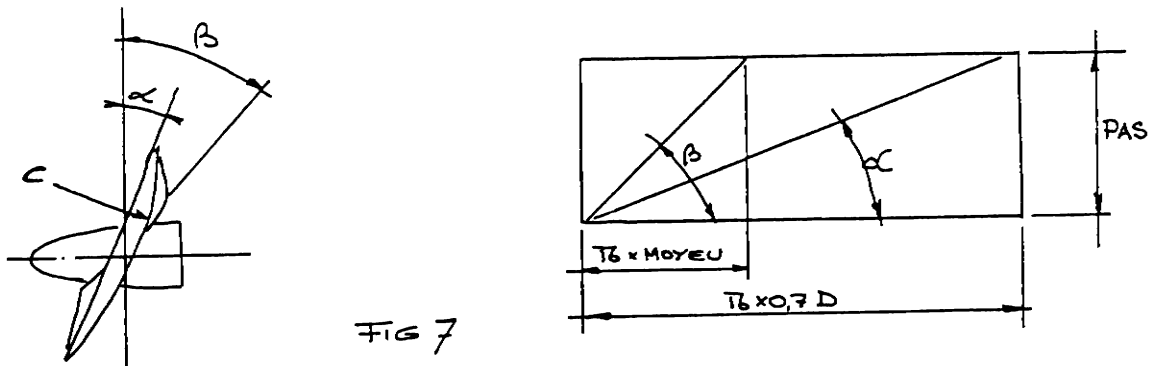


FIG 7

L'angle de notre hélice aura  $20^{\circ}$  comme décrit ci-avant.

Il est intéressant de former les pales comme une aile d'avion (voir détail C) ce qui augmente l'efficacité. Sachant le rendement de l'hélice,  $\pm 30\%$  il faudra donc majorer la puissance installée pour en tenir compte.

Il y a cependant d'autres pertes qui entrent en ligne de compte. La ligne d'arbre avec ses paliers provoque une perte de l'ordre de  $10\%$ , le cardan également  $10\%$  et enfin la machine à vapeur enregistre des pertes de l'ordre de  $10\%$  dues au frottements, pertes thermiques etc.

Toutes ces pertes cumulées représentent :  $0,3 \times 0,9 \times 0,9 \times 0,9 = 0,219$ .

La puissance théorique nécessaire à l'avancement du bateau sera donc multipliée par 5. L'avancement du bateau est tributaire de plusieurs forces antagonistes. Plusieurs auteurs ont développé des formules permettant de les calculer.

- La résistance à l'avancement est proportionnelle à la puissance de  $3,5$  de l'échelle.

Connaissant la puissance du bateau vraie grandeur il est possible, en théorie, de déterminer la puissance du modèle réduit. Dans le cas de notre remorqueur cela donne :

$$P. \text{ mod.} = \frac{P. \text{ vrai}}{\epsilon \text{ ch}^{3,5}} = \frac{325 \text{ ch (voir page 1)}}{24^{3,5}} = 0,0048 \text{ ch} = 3,5 \text{ watt}$$

Cette méthode de calcul n'est pas applicable, car purement théorique. On s'en rendra compte plus loin.

- L'expression retenue par Mr. RANDIER tient compte de la traînée ( force de retenue) de frottement et de vague,

$$R \text{ en kg/m/sec.} = (K \times B^2 \times V^m) + (K' \times S \times V^{m'})$$

$B^2$  = Surface du maître couple immergé en  $m^2$

$S$  = Surface mouillée en  $m^2$

$V$  = Vitesse en m/sec.

$K$  = Coefficient, env. 5

$K'$  = Coefficient 0,12 à 0,19

$m$  = Coefficient 2

$m'$  = Coefficient 1,8 à 2

Pour le modèle dont question cela donne :

$$R = [ 5 \times (0,23 \times 0,1 \times 0,8) \times 1^2 ] + [ 0,15 \times 0,35 \times 1^2 ] = 0,1445 \text{ kg/m/sec.} = 1,445 \text{ watt.}$$

- Si l'on réduit tous les coefficients à une seule valeur on peut finalement utiliser une formule très simplifiée qui est erronée, surtout pour les grandes vitesses, mais qui donne quand même satisfaction. Dérivée de la formule pour les bateaux vraie grandeur  $R = K' B^2 V^2$  elle devient pour nos modèles réduits :  $P \text{ en watt} = (S \times C_x V^3) \times 500 *$

$S$  = Maître couple immergé =  $0,8 \times \text{creux} \times \text{largeur}$  en  $m^2$

$V$  = Vitesse en m/sec.

$C_x$  = Coefficient de pénétration, entre 0,25 et 0,3

Dans notre cas cela donne :  $P = (0,8 \times 0,23 \times 0,1 \times 0,25 \times 1^3) \times 500 = 2,3 \text{ watt}$

**Remarque :** Comme on peut constater nous avons trouvé 3 valeurs différentes : 3,5 - 1,445 et 2,3 watt.

Ces résultats variant du simple au double doivent encore être nuancés. En effet, dans le premier cas, la puissance de 3,5 watt est la puissance installée qui tient compte des différents rendements. Dans les 2 autres cas, il faut encore en tenir compte. Ceci implique qu'il faut en fait comparer les chiffres suivants :

$$3,5 \text{ watt} - 7,225 \text{ watt} - 11,5 \text{ watt} *$$

Au vu de ces chiffres il est clair que la première approche n'est pas valable. Reste à choisir entre les 2 dernières.

Au risque de jeter un pavé dans la mare, j'ai imaginé une autre approche.

Supposons que l'hélice travaille comme une pompe et calculons la puissance absorbée pour imprimer à l'eau une vitesse égale à celle du bateau.

Voyons ce que cela donne pour le bateau vraie grandeur.

Diamètre hélice  $D = 1,8m$  moyen  $d = 0,3m$ .

Vitesse du bateau 10 noeuds  $V = 5 \text{ m/sec}$ .

$$\begin{aligned} \text{Débit d'eau en l/sec.} &= \left[ \frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4} \right] \times V \times 1000 \\ &= \left[ \frac{\pi \times 1,8^2}{4} - \frac{\pi \times 0,3^2}{4} \right] \times 5000 \\ &= [ 2,5447 - 0,0707 ] \times 5000 = 12.370 \text{ l/sec.} \end{aligned}$$

Pression dynamique à développer à la vitesse de 5m/sec.

$$P.D \text{ en mCE} = \frac{V^2}{2g} = \frac{5^2}{19,6} = 1,27 \text{ mCE}$$

$$\text{Puissance absorbée en ch} = \frac{Q \text{ l/sec} \times H \text{ mCE}}{75} = \frac{12.370 \times 1,27}{75} = 209 \text{ ch.}$$

Je n'ai pas tenu compte du glissement de l'hélice, celui-ci étant traduit en ch par le truchement du rendement global mécanique.

Si l'on tient compte qu'en vrai grandeur une hélice a un rendement de l'ordre de 80% et que l'arbre ainsi que le moteur "font" 80%, le rendement global tourne autour de  $0,8 \times 0,8 = 0,64$  la puissance installée devrait être de :  $\frac{209}{0,64} = 326$  ch. C'est ce qui est la cas ( voir page 1 ).

Voyons ce que cela donne sur le modèle réduit :

Diamètre hélice  $D = 0,75$  dm moyeu  $d = 0,12$  dm

Vitesse du bateau  $V = 1$  m/sec. Ou 10 dm/sec.

$$\text{Débit d'eau en l/sec} = \left[ \frac{\pi \times D^2}{4} - \frac{\pi \times d^2}{4} \right] \times V = \left[ \frac{\pi \times 0,75^2}{4} - \frac{\pi \times 0,12^2}{4} \right] \times 10 = [0,4418 - 0,0113] \times 10 = 4,3 \text{ l/sec.}$$

Pression dynamique à développer à la vitesse de 1m/sec.

$$\text{P.D en m CE} = \frac{V^2}{2g} = \frac{1}{19,6} = 0,0510$$

Puissance absorbée en watt = Q l/sec. x HmCE x 10 =  $4,3 \times 0,051 \times 10 = 2,19$  watt.

Compte tenu du rendement de l'ensemble 0,219, la machine à installer aura  $2,19 \times 5 = 10,9$  watt.

Cette dernière approche donne un résultat similaire au résultat obtenu avec la 3<sup>ème</sup> équation ci-dessus (\* voir page 6). C'est ce résultat, soit 11,5 watt qui sera pris en compte.

Déterminons les caractéristiques de la machine installée. Celle-ci sera une machine Lecomte AL5 pour les raisons ci-après.

Pression de vapeur souhaitable au manomètre  $P = 2$  Bar max.

Caractéristiques machines :

Diamètre piston :  $D = 12$  mm nombre : 2

Course :  $C = 12$  mm effets :  $N = \text{double cylindre} = 4$

Vitesse à soutenir :  $V = 1500$  t/min.

Puissance développée dans les conditions ci-dessus :

$$\text{P. Watt} = \frac{\pi \times R^2 \times P \times C \times N \times V \times 10}{60}$$

$R =$  rayon en cm = 0,6 cm

$P = 2$  Bar

$C =$  course en m = 0,012

$N =$  nombre d'effets = 4

$V = 1500$  t/min.

$$P = \frac{\pi \times 0,6^2 \times 2 \times 0,012 \times 4 \times 1500 \times 10}{60} = 26 \text{ watt.}$$

Cette puissance est donc amplement suffisante. Ceci va se traduire par une réduction de pression à appliquer à la machine, soit " à laisser faire " auquel cas la vitesse du bateau augmentera quelque peu.

En fait on dispose de  $\frac{26}{5} = 5,2$  watt pour faire avancer le bateau, et si nous revenons à la formule \* page 6

on peut calculer quelle serait la vitesse atteinte.

$$5,2 = (0,8 \times 0,23 \times 0,1 \times 0,25 \times V^3) \times 500. \quad V^3 = \frac{5,2}{2,3} = 2,26 \quad V = \pm 1,3 \text{ m/sec.}$$

Cette vitesse correspond pratiquement à la vitesse limite, mais démontre qu'en installant le double de la puissance nécessaire on n'augmente la vitesse que de 30%.  
Il reste à déterminer la surface de chauffe de la chaudière.

Volume du moteur  $V \text{ cm}^3 = \pi R^2 \times C \times N = \pi \times 0,6^2 \times 1,2 \times 4 = 5,4 \text{ cm}^3$

Consommation de vapeur à 1500 t/min =  $5,4 \times 1500 = 8.100 \text{ cm}^3/\text{min.}$

Température de la vapeur à 2 Bar =  $133^\circ\text{C}$

Poids spécifique à cette température =  $1,61 \text{ gr/dm}^3$

Débit de vapeur consommée par minute à 2 Bar et 1500 t/min.

$$\frac{8.100 \times 1,61}{1.000} = 13 \text{ gr/min.}$$



Si on se base sur un dégagement de vapeur au niveau chaudière de  $4 \text{ gr/dm}^2/\text{min}$ , il faudra prévoir une surface de chauffe de  $\frac{13}{4} = 3,25 \text{ dm}^2$ .

Dans le cas de mon modèle de remorqueur je disposait d'une chaudière ayant  $2,1 \text{ dm}^2$  de surface d'échange, ce qui c'est traduit dans la pratique par une vitesse inférieure à  $1 \text{ m/sec}$ .

Mais avant d'avoir pu vérifier cela, il m'a fallu le construire et donc commencer par le dessiner.

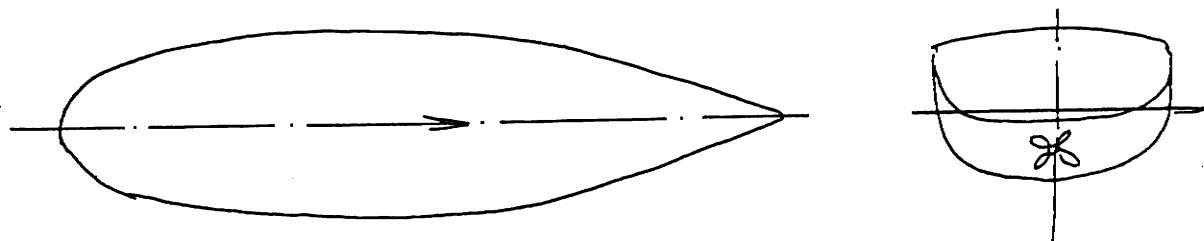
Les critères pris en considération pour déterminer la forme sont :

Les lignes d'eau au niveau - de la ligne d'arbre d'hélice.  
- de la flottaison.  
- du pont.

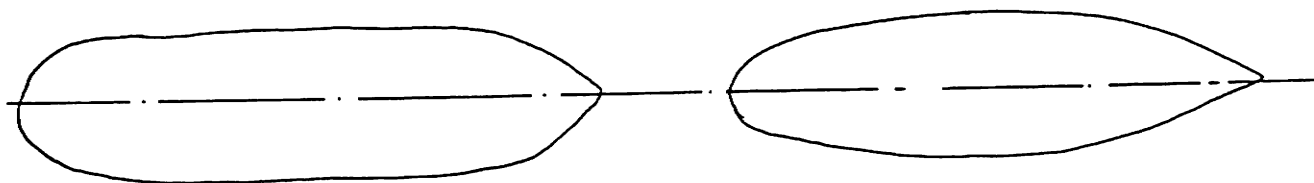
La forme la plus adaptée à fendre l'eau à la proue en permettant aux filets d'eau de se refermer " harmonieusement " en bout de poupe est celle de la figure ci-après, que j'adopte pour la ligne d'eau passant par la ligne d'arbre d'hélice.



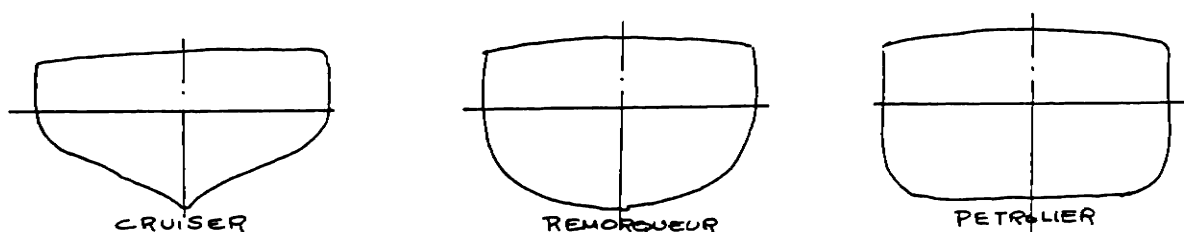
Dans le cas d'un remorqueur, la ligne de flottaison sera terminée par une forme semi-élliptique formant en quelque sorte un plan d'appui pour les filets d'eau quittant l'hélice.



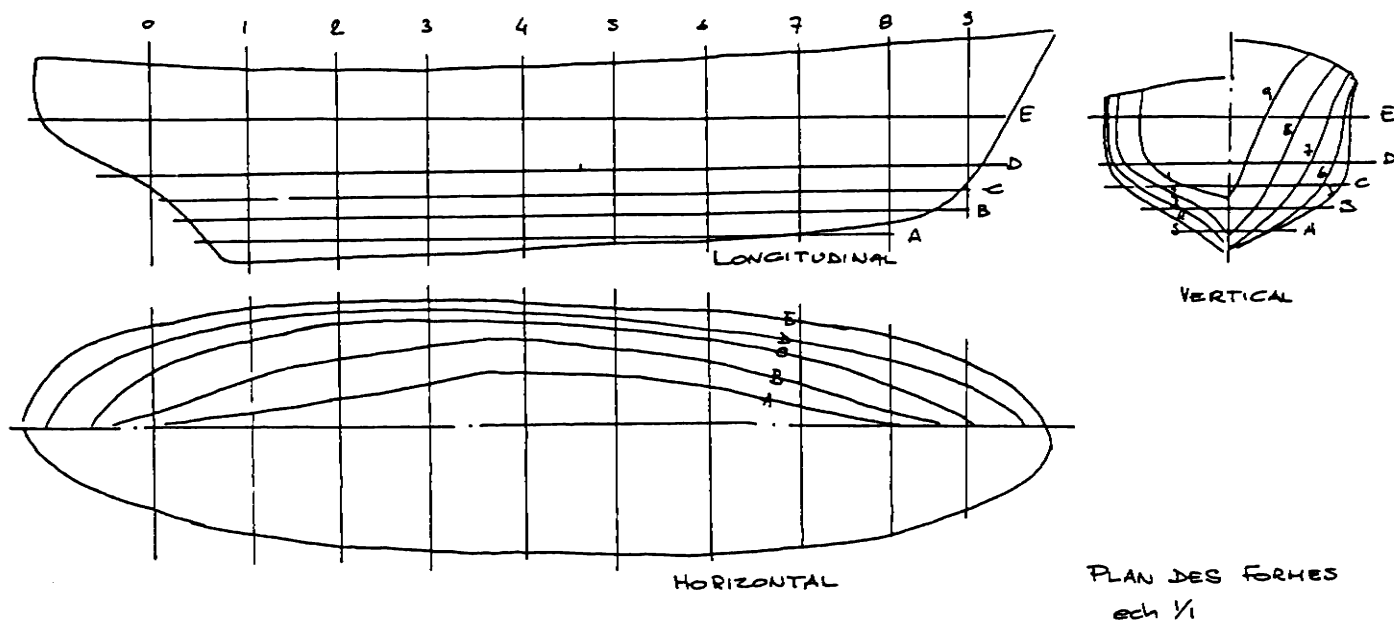
Le plan d'eau du pont est déterminé par l'esthétique recherchée. Plusieurs possibilités existent.



Après avoir opté pour une de ces formes générales, je détermine l'allure du maître couple qui est caractéristique pour chaque type de bateau.

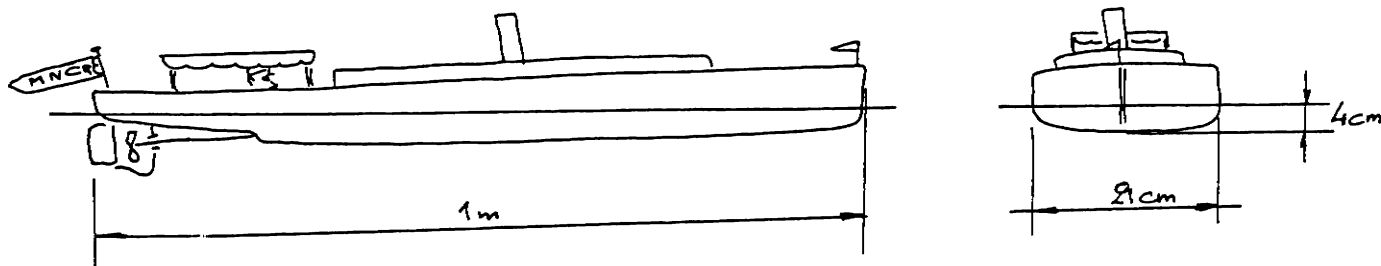


Les formes générales étant définies, je passe au détail en coupant la coque suivant un certain nombre de plans verticaux, horizontaux et parfois obliques.



Il est nécessaire d'obtenir des lignes harmonieuses, faute de quoi le bateau sera raté. Il faut donc veiller à ce que tous les points coupant les plans verticaux et horizontaux se retrouvent sur le plan des couples. Avec un petit peu d'exercice cela va très vite et la coque construite suivant le dessin ne présente pas de défauts. Bien sûr, l'architecte naval ne se borne pas à ce procédé simple, il va vérifier si d'autres critères sont respectés, par exemple si la courbe de l'aire des couples est en harmonie avec le projet, il calcule la stabilité, le rayon métacentrique, le devis des poids, la surface mouillée et que sais-je encore. Je me borne pour ma part au principe de dessin ci-dessus et si les formes me paraissent harmonieuses, je passe à l'exécution de la coque.

Voulant vérifier les données techniques développées ci-avant, j'ai construit un second bateau ayant cette fois une forme élancée, propulsé par un moteur oscillant. La forme générale de la coque est inspirée d'un torpilleur du siècle dernier et a les dimensions ci-après. Le bateau fut transformé par la suite en une élégante chaloupe.



Le but recherché de cette construction est de naviguer à la vitesse limite avec un minimum de puissance.

- Vit. Lim. =  $1,25\sqrt{1} = 1,25$  m/sec.
- Poids du bateau =  $10 \text{ dm} \times 2,1 \times 0,4 \times \text{coeff. } 0,5 = 4,2$  kg
- Hélice choisie au diamètre de 80 mm.

Recherchons le Pas de l'hélice pour obtenir la vitesse de 1,25 m/sec. avec un glissement estimé à 40% (coque avec très faible tirant d'eau) et une rotation de l'ordre de 1000t/min.

Vitesse de rotation sans glissement  $\frac{1000}{1,4} = 714$  t/min. = 11,9 t/sec.

$$\text{Pas} = \frac{1,250 \text{ mm/sec.}}{11,9 \text{ t/sec.}} = 105 \text{ mm.}$$

L'angle d'incidence  $\alpha$  :  $\text{pas} = \frac{2,2D \times A}{B}$  et  $\text{tg } \alpha = \frac{A}{B}$

D = diamètre de l'hélice     A et B déterminent la pente de la pale.

$$\text{tg } \frac{A}{B} = \frac{\text{pas}}{2,2D} = \frac{105}{2,2 \times 80} = 0,596 \rightarrow \alpha = 30,8^\circ$$

Si la largeur de pale est de 20 mm A vaut  $\sin \alpha \times 20 = 10,24$  mm.

Le facteur de charge vaut  $\frac{105}{80} = 1,31$  donc convenable (voir diagramme fig. 6)

Puissance de la machine à installer =  $S \times C_x \times V^3 \times 500$  Rendement 20%

$$P.\text{watt} = S \times C_x \times V^3 \times 500 = 0,8 \times 0,21 \times 0,04 \times 0,25 \times 1,25^3 \times 500 = 1,64 \text{ watt.} \times 5 = 8,2 \text{ watt.}$$

La machine installée est un moteur oscillant de ma construction, détaillée ci-après :

Rayon piston	R : 5 mm	Course C : 16 mm = 0,016 m.
Nombre de cylindres	n : 2	double effet N : 4
Pression d'alimentation vapeur	P : 2 Bar	
Vitesse de rotation (voir ci-dessus)	1000 t/min (V)	

$$\text{Puissance en watt} = \frac{\pi R^2 \times P \times C \times N \times V \times 10}{60} = \frac{\pi \times 0,5^2 \times 2 \times 0,016 \times 4 \times 1000 \times 10}{60} = 16,7 \text{ watt}$$

Cette puissance équivaut au double de la nécessité.

$$\text{Cylindrée du moteur} = \pi \times R^2 \times 4 \times 1,6 = \pi \times 0,5^2 \times 4 \times 1,6 = 5 \text{ cm}^3$$

Consommation de vapeur à 2 Bar

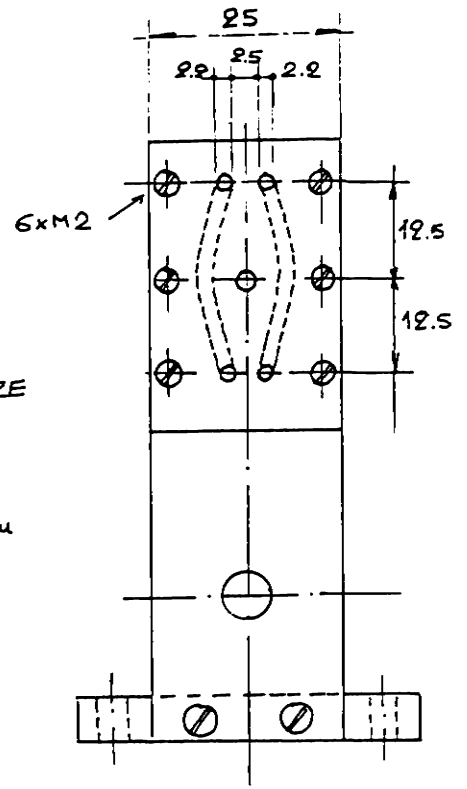
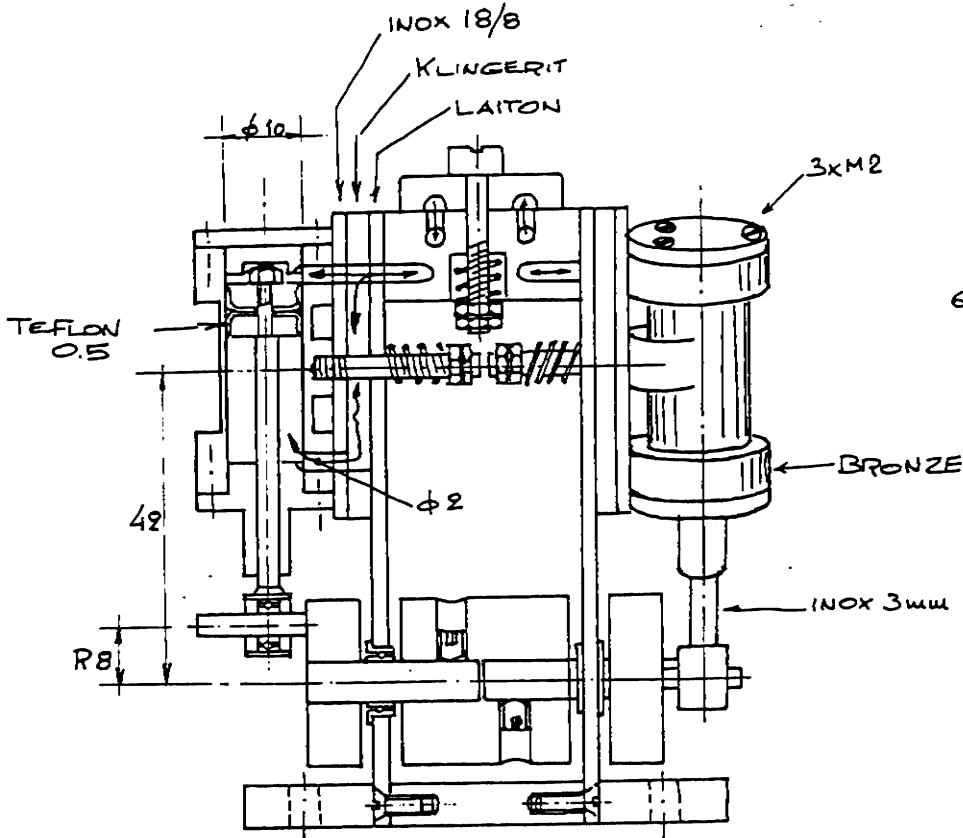
$$Q \text{ en gr/min.} = \text{Cyl} \times \frac{Vt/\text{min}}{1000} \times \gamma_{\text{vap}} = 5 \times \frac{1000}{1000} \times 1,61 = 8 \text{ gr/min.}$$

En tablant sur une valeur empirique de production de vapeur de 4 gr/min./dm<sup>2</sup> de surface d'échange, j'ai utilisé une chaudière cylindrique de diamètre 80 mm x 200 mm de long munie d'un foyer intérieur de 2 dm<sup>2</sup>. Le résultat sur l'eau fut exactement celui escompté : c.à.d. vitesse de l'ordre de 1,3 m/sec.

Revenons à la machine dont je donne le croquis ci-après.

En fait, innover en la matière n'est plus possible et tout le monde copie plus ou moins sur le voisin. Je fis de même en y ajoutant mon petit grain de sel. C'est ainsi que chaque palier reçu un roulement à bille et que la glace a été réalisée en acier inoxydable 18/8. Le coefficient de frottement entre le cylindre en bronze et la glace en acier inox est très peu élevé, ce qui rend la machine très performante. Les canaux d'amenée de vapeur vers les quatre ouvertures dans la glace ont été aménagés dans le joint en "Klingerit" disposé entre cette dernière et le bâti.

COUPE AU NIVEAU  
DE LA GLACE INOX



ech 1/1