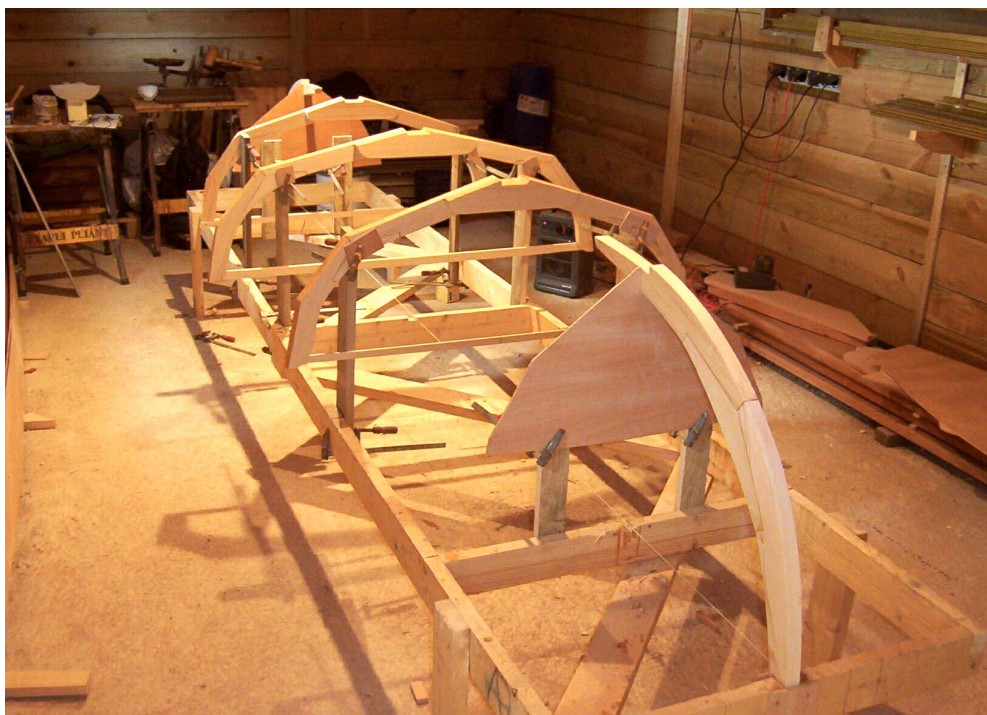


TRACÉ EN GRANDEUR RÉELLE ET BROCHETAGE

Canots voile aviron et petits bateaux traditionnels



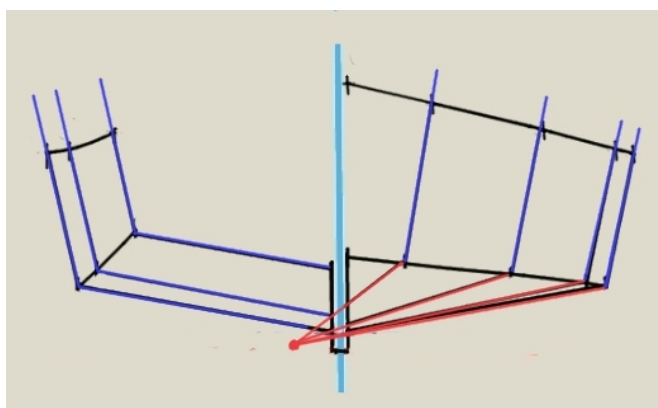
© JF Garry

Ce guide est réservé aux constructeurs amateurs pour un usage privé.
Il ne peut pas faire l'objet d'une utilisation commerciale ou professionnelle sans accord écrit préalable de l'auteur.

Le tracé en grandeur réelle est une étape particulièrement importante qui trouve sa place entre le plan d'un bateau et le début de sa construction. Il s'agit de dessiner en grandeur réelle les formes de la coque afin de pouvoir découper avec précision tous ses éléments constitutants. Le tracé en grandeur ne demande que très peu de matériel et sa théorie est à la portée de chacun. En regard de cette méthode traditionnelle utilisée depuis très longtemps dans tous les chantiers, il est souvent proposé aujourd'hui d'obtenir les cotes à échelle 1 grâce à la numérisation du plan et à un fichier informatique rendant possible une découpe des pièces, commandée par ordinateur. Cette technologie, très utile pour un professionnel quand il construit en petite série et doit minimiser son temps de main d'oeuvre, sera bientôt la seule considérée comme fiable. Elle sera aussi tout simplement la seule à être proposée et par là même la seule connue. Elle ne présente pourtant pas que des avantages si l'on pense à un bateau construit à un seul exemplaire notamment par un amateur. Elle le prive d'une part de la compréhension et de la satisfaction du travail de préparation. Elle le rend dépendant d'un procédé qu'il ne maîtrise généralement pas lui-même. Elle ne lui laisse pas non plus la place pour la moindre imprécision dans les étapes ultérieures de construction puisque les pièces découpées à la stricte dimension ne permettent aucune retouche.

La technique du brochetage, elle aussi traditionnelle, vient en complément de celle du tracé grandeur. Elle permet de dessiner très simplement le contour des bordés en passant directement d'un relevé de forme sur la charpente, à la découpe ... sans logiciel ni ordinateur !

Comprendre et utiliser soi-même le processus de dessin en grandeur réelle et celui du brochetage paraît s'insérer très logiquement dans la démarche du constructeur amateur soucieux de connaissances simples et d'indépendance. Ce petit guide prétend l'y aider. Il a aussi la volonté, sans doute vaine, de lutter contre l'oubli d'un savoir traditionnel, celui-ci n'étant que l'un parmi de nombreux autres, tous également menacés.



L'échelle du plan

Commençons par un bref rappel : si le plan est au 1/10e le bateau sera 10 fois plus grand. Les mesures prises sur le plan sont multipliées par 10 pour connaître leur dimension réelle. Si le plan est au 1/20e le bateau sera 20 fois plus grand. Les mesures prises sur le plan sont multipliées par 20.

Si l'on trouve dans une publication les plans d'un bateau dont la longueur est de 14,3 cm et que l'on sait qu'il s'agit d'un bateau de 6,45 m, l'échelle du plan sur cette publication est de 1/45,1e (6450 mm/143 mm). Faut-il ajouter qu'il sera impossible d'obtenir des mesures précises en multipliant simplement par 45,1. L'étude d'un tel plan ne peut être que documentaire et si l'on devait construire ce bateau, il serait indispensable d'en refaire préalablement un tracé au 1/10e. Ne pas croire qu'un scanner ou une photocopieuse agrandisseuse pourrait faire le travail !

Le tracé grandeur

Lorsque l'on débute la construction d'un bateau à partir d'un plan sur papier, le plus souvent au 1/10e pour les unités de moins de dix mètres, le premier travail à effectuer est le *tracé grandeur*, c'est-à-dire un agrandissement du plan à l'échelle 1, soit à la taille réelle du bateau.

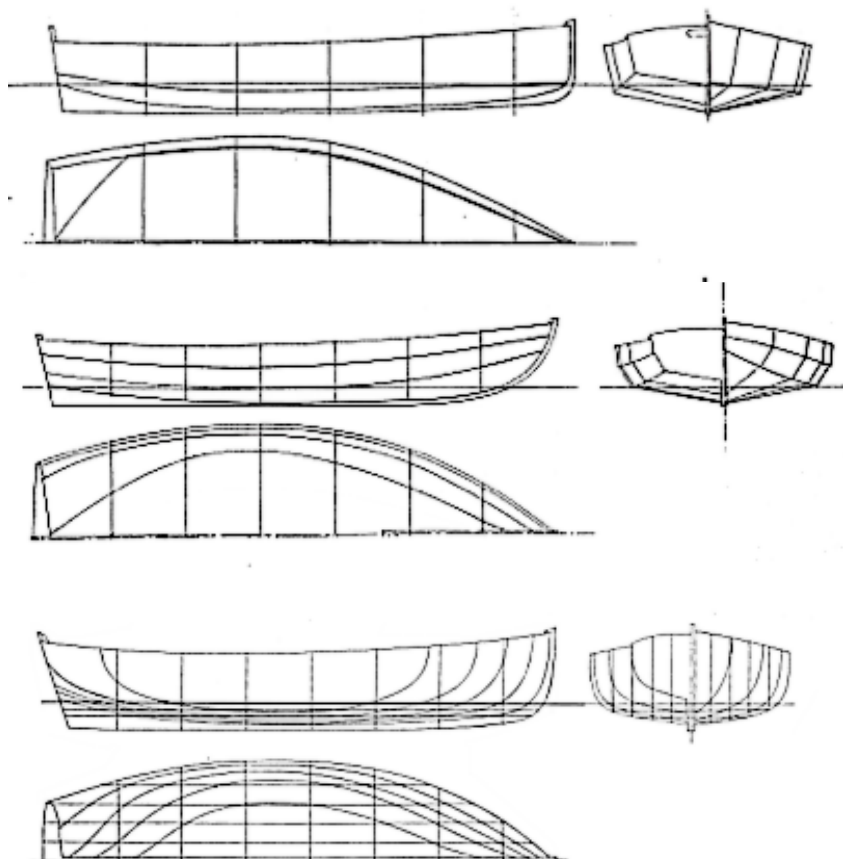
Nous allons voir comment procéder à partir de trois exemples, le premier avec le plan d'un bateau à bouchains vifs, le second d'un bateau à clins, le troisième d'un bateau en forme.

Dans les trois cas le tracé grandeur va être dessiné sur des panneaux de contreplaqué placés bout à bout directement sur le sol afin d'obtenir une longueur dix fois plus grande que celle du plan.

Retenons l'hypothèse que le plan de forme est à l'échelle 1/10e. Chaque millimètre sur le plan correspond à un centimètre dans la réalité. Il suffit de multiplier par 10 les mesures du plan pour obtenir celles du bateau en taille réelle.

Par exemple une mesure de 43 mm sur le plan devient 43 cm sur le tracé grandeur. Quand un nombre suffisant de points pris sur une courbe du plan ont été reportés sur le tracé grandeur il reste à faire passer par chacun d'eux cette même courbe reproduite à l'échelle 1. Le tracé grandeur permet d'obtenir la forme exacte du bateau avec une plus grande précision.

Le principe du tracé grandeur est donc simple, Il s'agit de dessiner en grand ce qui était en petit, en plus précis ce qui l'était moins. Chacun comprend facilement l'idée et sa finalité...

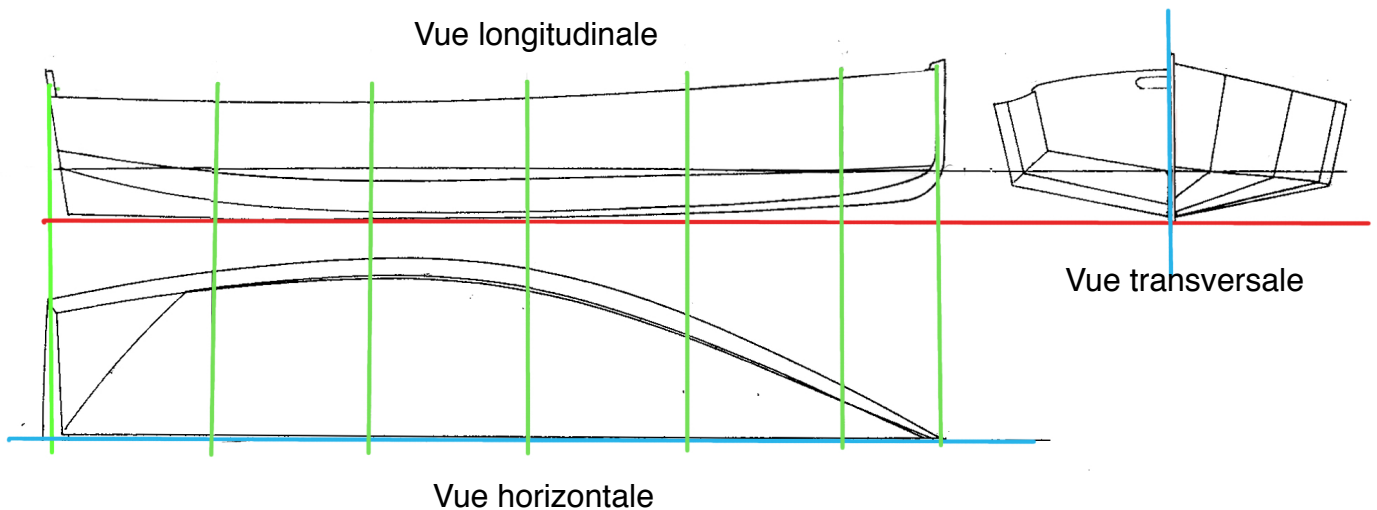


mais au moment de passer à l'acte la plupart des constructeurs amateurs marquent un temps d'arrêt ! Par où commencer, par quels points, par quelles lignes ?

Voici une proposition(parmi d'autres) pour réaliser ce travail progressivement :

Bateau à bouchain vif

On commence par tracer sur le plan 1/10e une ligne horizontale qui servira de base de mesure pour les vues longitudinale et transversale (ligne rouge). Cette ligne horizontale peut être la ligne de flottaison déjà tracée sur le plan mais il semble par expérience plus clair d'en tracer une nouvelle sous la quille. On repère ensuite l'axe de symétrie du bateau sur les vues horizontale et transversale (lignes bleues) et la position des couples sur les



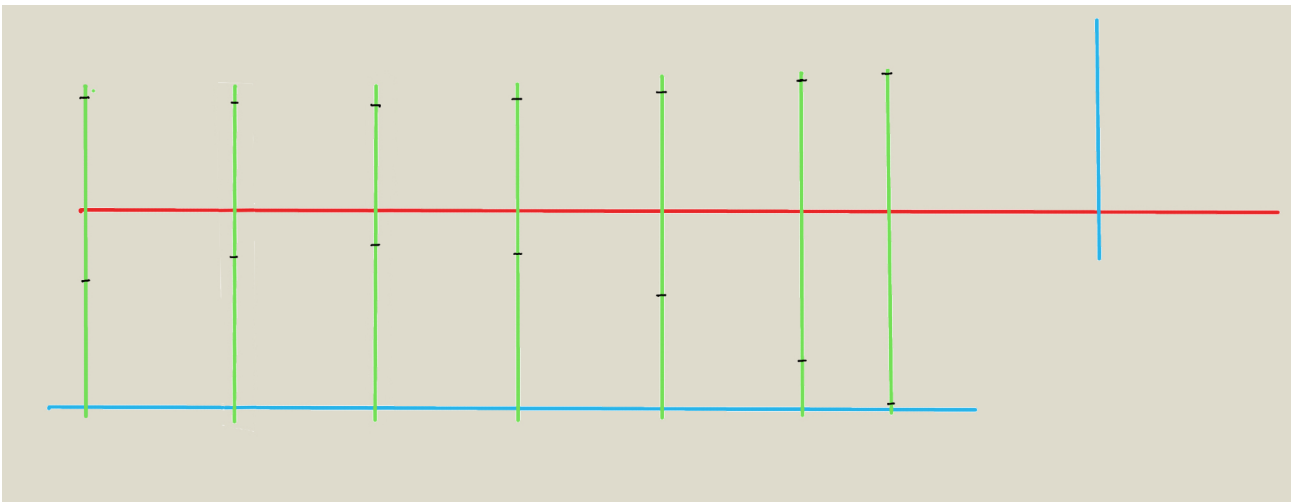
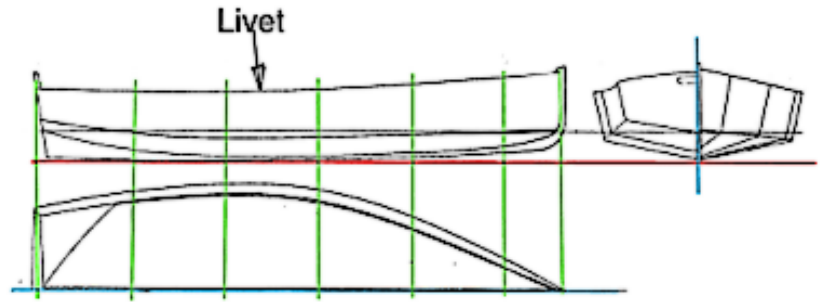
vues longitudinale et horizontale ainsi que les extrémités de la coque(lignes vertes).



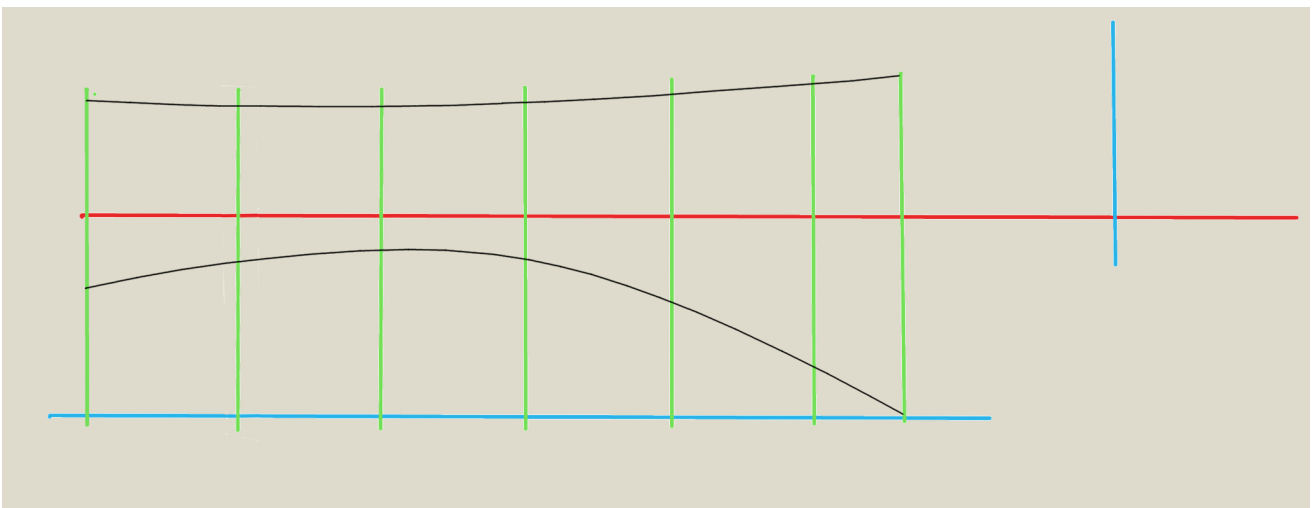
On reproduit maintenant l'ensemble des lignes (rouge, bleues et vertes) sur le contreplaqué en dix fois plus grand que sur le plan au 1/10e.

NB : Les couleurs rouge, bleue et verte sont utilisées ici pour rendre plus claires les explications. Dans la réalité le tracé en grandeur sur le contreplaqué pourra être fait, plus simplement, uniquement au crayon noir de charpentier.

L'opération suivante consiste à tracer sur la vue transversale, en grandeur réelle, la courbe du livet. Pour cela on relève le plus précisément possible, sur le plan au 1/10e, les mesures prises sur chaque ligne de couple (vertes) entre la ligne horizontale (rouge) et la courbe du livet. Ces mesures sont multipliées par 10 et marquées par des points sur le tracé en grandeur réelle (sur les panneaux de contreplaqué). On fait ensuite la même opération sur la vue horizontale en mesurant la distance du livet par rapport à la ligne de symétrie bleue.



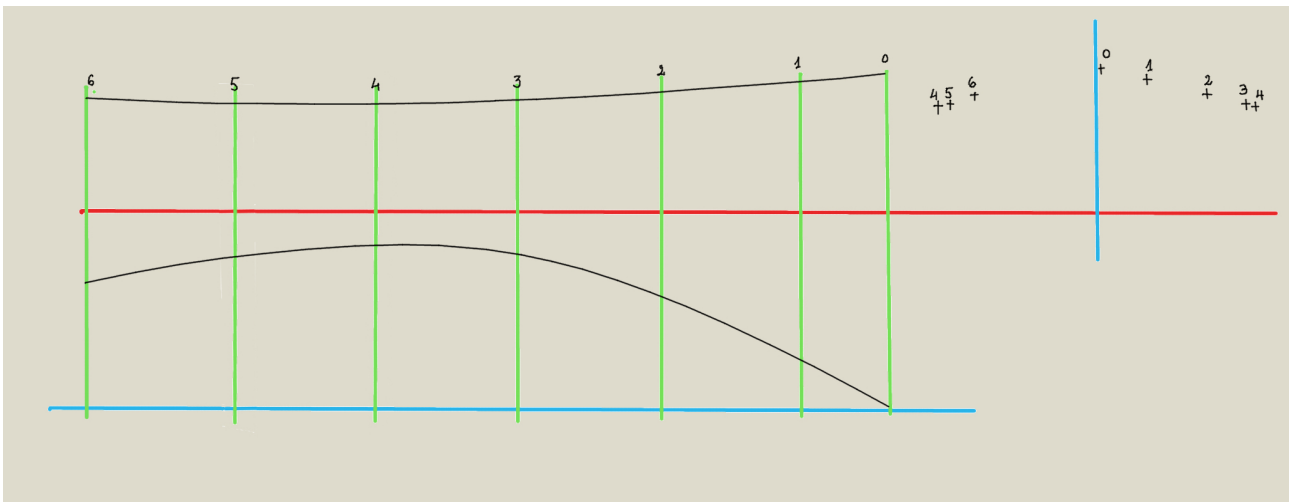
Puis la courbe du livet est tracée en grandeur réelle sur les vues longitudinale et horizontale. On utilise pour cela une latte ou une règle souple (voir paragraphe outillage). Du fait de l'agrandissement, la courbe ainsi tracée le plus régulièrement possible, va faire



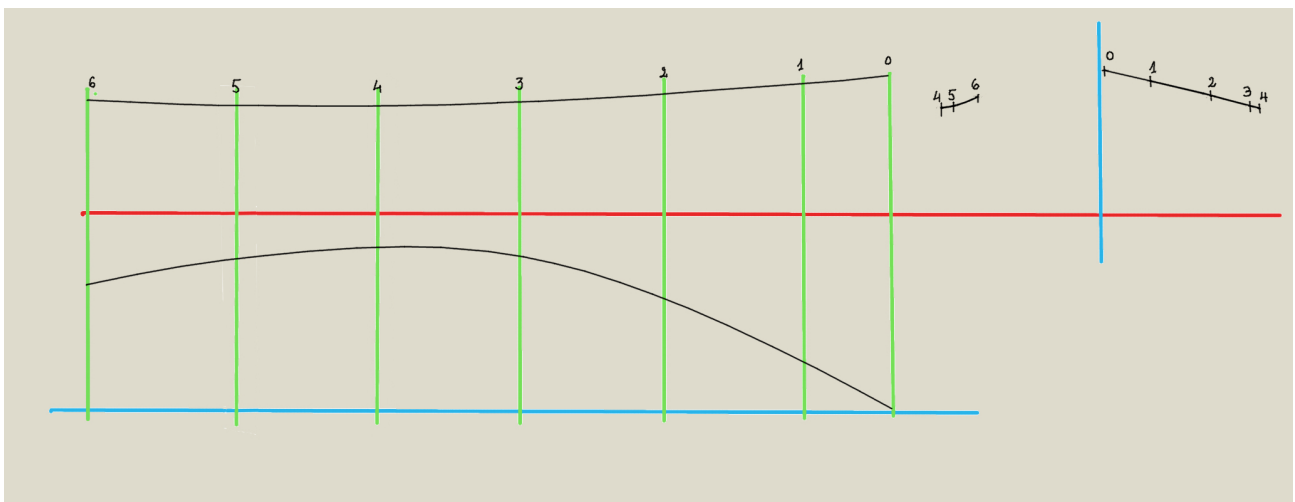
apparaître que certains points marqués précédemment ne sont pas exactement placés sur sa trajectoire. Par exemple, un point mesuré sur le plan 1/10e à 95 mm et donc placé à 95 cm sur le tracé grandeur sera peut être déplacé à 94,8 cm ou à 95,3 cm ou encore 95,5 cm. Cette précision qui n'était pas lisible sur le plan au 1/10e devient possible en grandeur réelle. Attention toutefois ; Il n'y a pas de raison que ces corrections soient supérieures à

quelques millimètres, tout au plus 1 cm puisque la mesure sur le plan 1/10e se lit en millimètres. Dans le cas d'un point trop éloigné de la courbe, il faut en chercher la raison : une courbe mal tracée sur le plan lui même ou sur le tracé grandeur, une erreur de lecture dans la mesure ou dans son report ...

L'étape suivante consiste à marquer les points placés à l'intersection des couples et de la courbe du livet, cette fois ci sur la vue transversale. Pour chacun de ces points on mesure la hauteur sur la vue longitudinale et la largeur sur la vue horizontale. Attention, ces mesures sont prises directement sur le tracé en grandeur réelle et non sur le plan au 1/10e. Il s'agit donc de mesures qui ont été déjà corrigées et sont les plus précises possible. On voit apparaitre là tout l'intérêt du tracé grandeur.

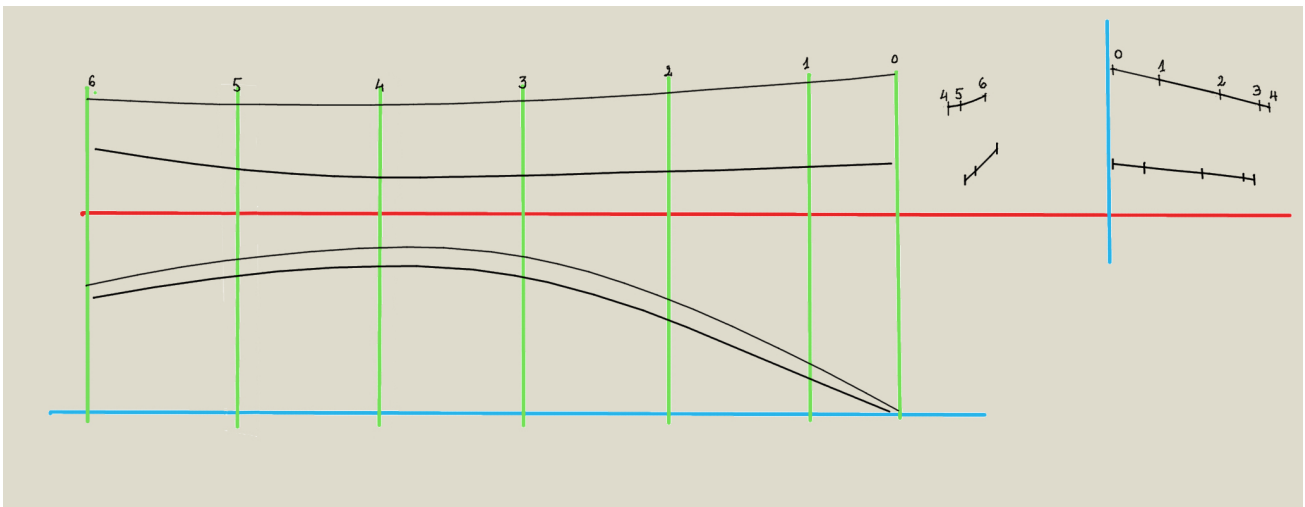


On peut enfin tracer la courbe de livet sur la vue transversale. On conservera bien lisibles les intersections des mesures de largeur qui seront nécessaires pour positionner les couples.

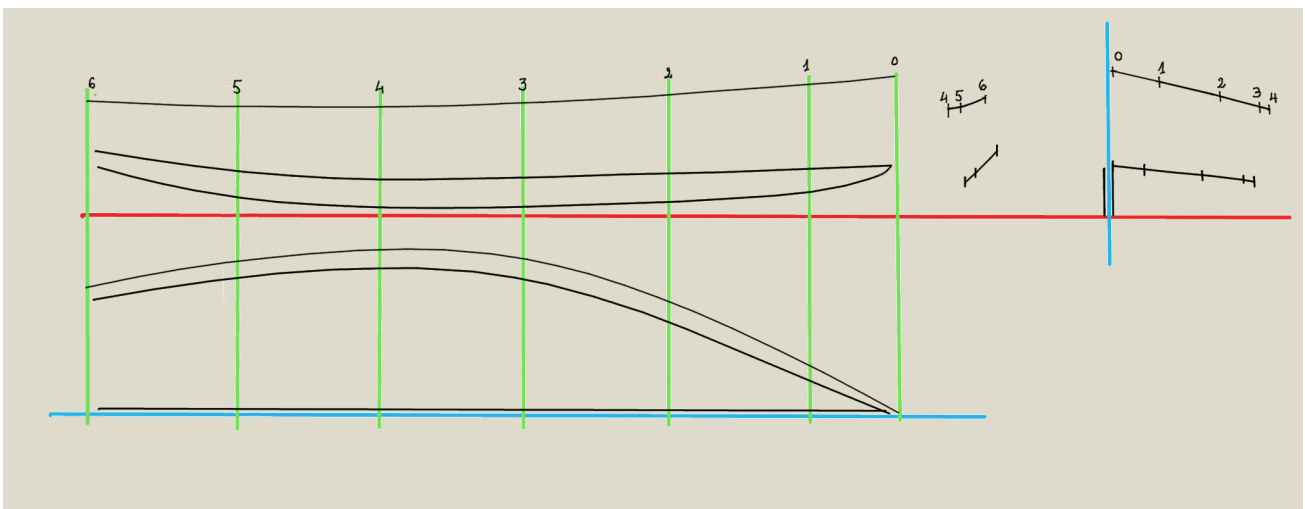


Remarquons que pour la vue transversale il est coutume de dessiner la partie avant du bateau d'un côté de l'axe vertical et la partie arrière, de l'autre côté. Cette méthode évite tout risque de dissymétrie. On utilisera un calque retourné recto verso autour de l'axe pour "assembler" les deux côtés du bateau.

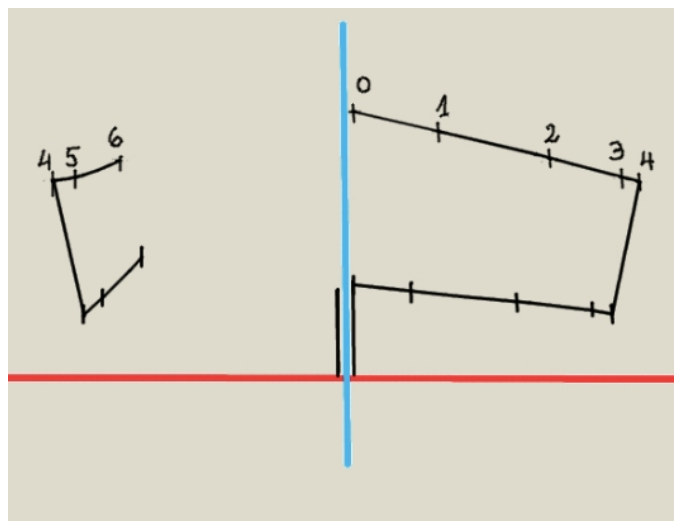
Pour la courbe du bouchain on répètera toute les opérations effectuées pour celle du livet.

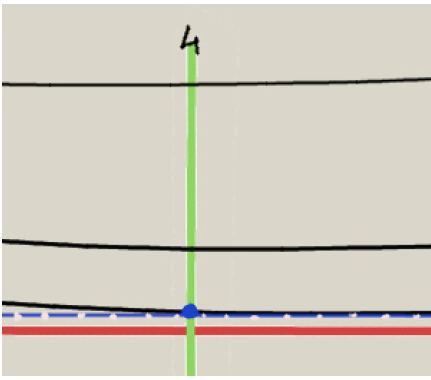


Reste à tracer la courbe de la râblure de quille sur la vue longitudinale. Sur les vues horizontale et transversale la râblure est parallèle à l'axe de symétrie (bleu) ce qui sous entend que la quille a une largeur constante comme c'est très souvent le cas.

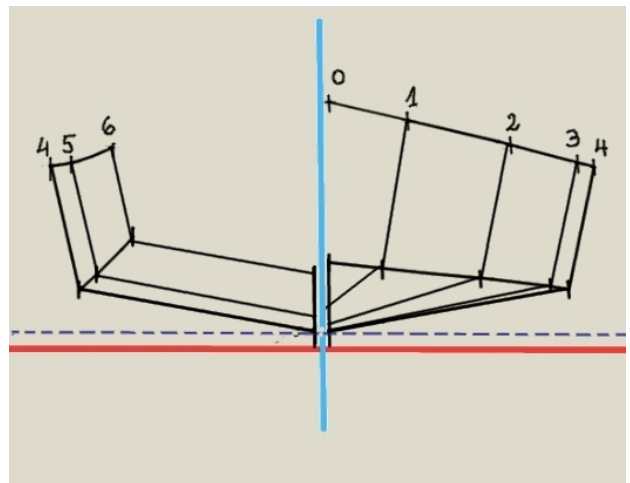
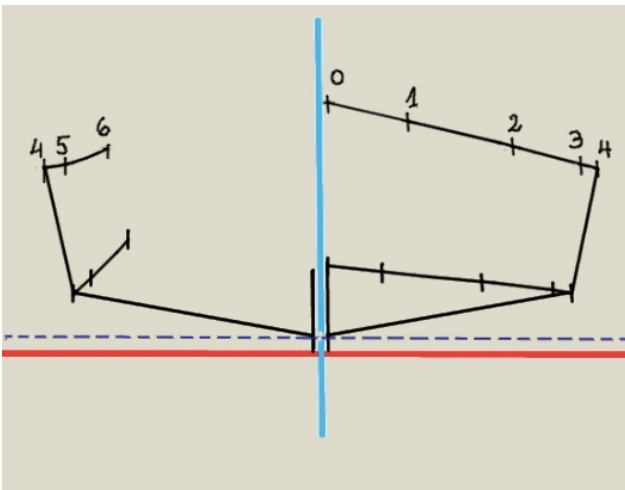
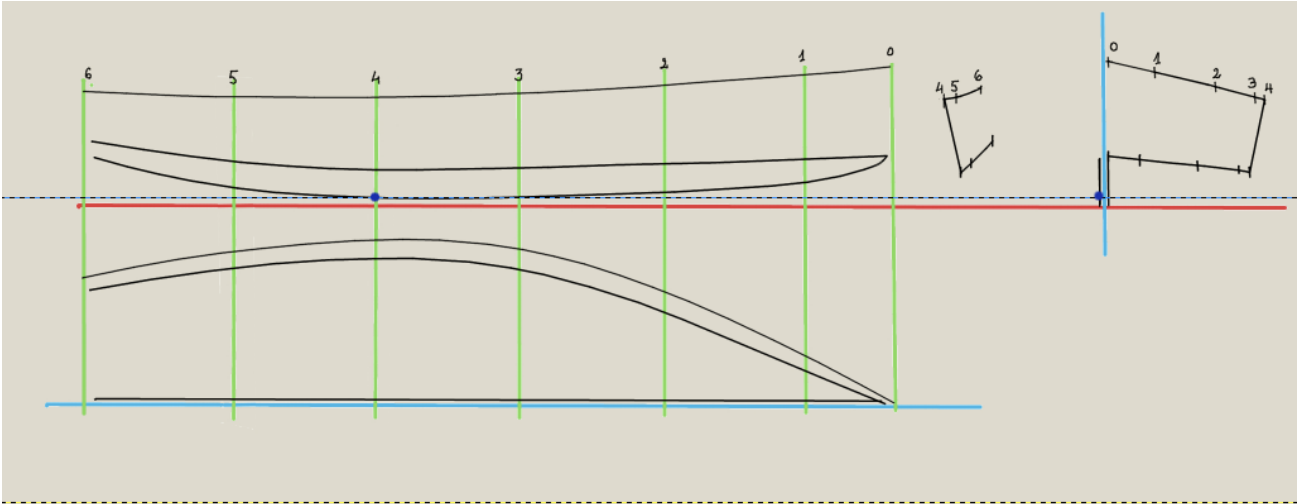


Voici enfin l'aboutissement de ces tracés :
 Il est maintenant possible de dessiner le contour des couples en grandeur réelle.
 Le couple 4 situé au maitre bau est le seul à être dessiné des deux cotés.
 Commençons par lui. Le bordé de flanc va du livet jusqu'au bouchain en passant par les deux traits d'intersection

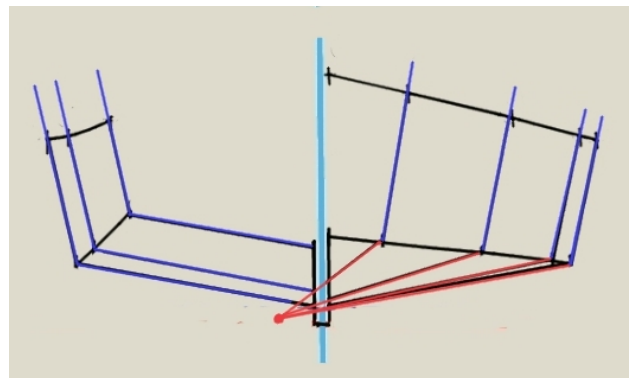


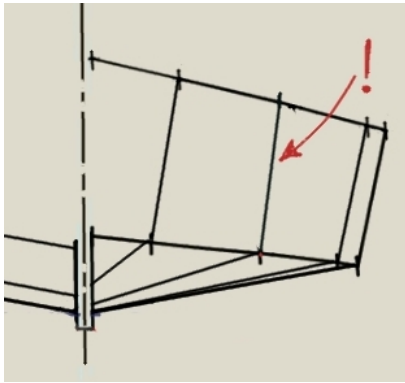


Pour tracer le bordé de fond on va de la courbe de bouchain jusqu'à la râblure. Il faut pour cela, en premier lieu, reporter la hauteur de la râblure qui figure sur la vue longitudinale à l'intersection du couple 4, jusque sur la vue transversale (ligne bleue en pointillés). On procèdera de la même façon pour tous les couples. Reste enfin une précision d'ordre général à apporter et

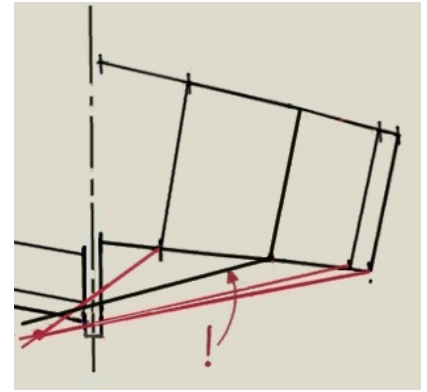


dont le respect est important pour la qualité de tracé en grandeur des bateaux à bouchain vif : les bordés sont dits de *développement cylindrique* lorsque les traits du contour des couples sont strictement parallèles entre eux (en bleu). C'est le cas ici du bordé de flanc sur toute la longueur du bateau. C'est également le cas du bordé de fond dans la partie arrière du bateau. Dans la partie avant le bordé de fond est de *développement conique*. Cela implique que les traits (en rouge) du contour des couples rayonnent depuis un sommet. Pour bien comprendre, précisons que ce développement conique dans la partie avant permet des entrées d'eau plus fines et sans doute un meilleur passage dans le clapot. Attention : il est possible de passer du développement cylindrique à un développement conique (ou le



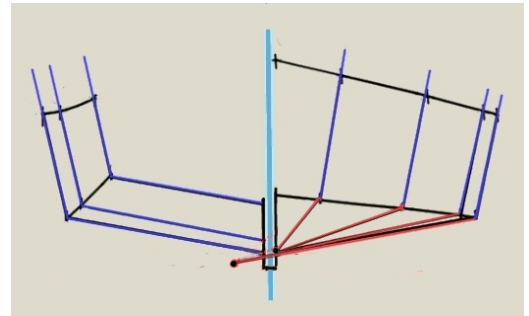


contraire) mais la présence d'un couple non parallèle au milieu d'un développement cylindrique est une erreur ; de même, si un couple ne rayonne pas vers le sommet au milieu d'un développement conique.

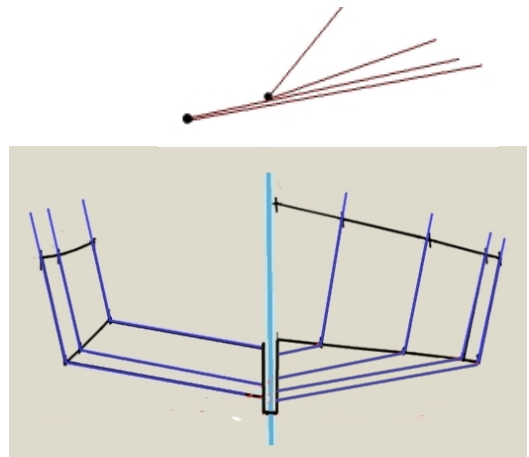


Profitions de l'occasion pour dépasser le stricte sujet du tracé grandeur et laisser entrevoir des alternatives architecturales, elles aideront à mieux lire un plan, et à le transposer en grandeur réelle.

On pourrait par exemple vouloir des entrées d'eau encore plus fines et une évolution plus radicale du développement conique, en utilisant un tracé avec un double sommet. Resterait à vérifier que le contre plaqué accepterait un tel trévirage sans casser.

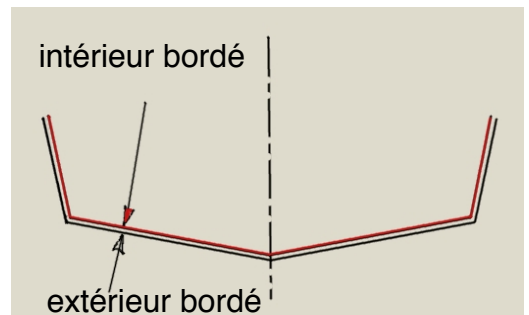


On pourrait tout au contraire renoncer au développement conique et réaliser l'ensemble des fonds en développement cylindrique. On gagnerait en facilité de construction.

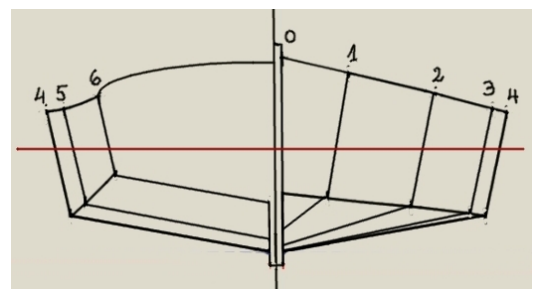


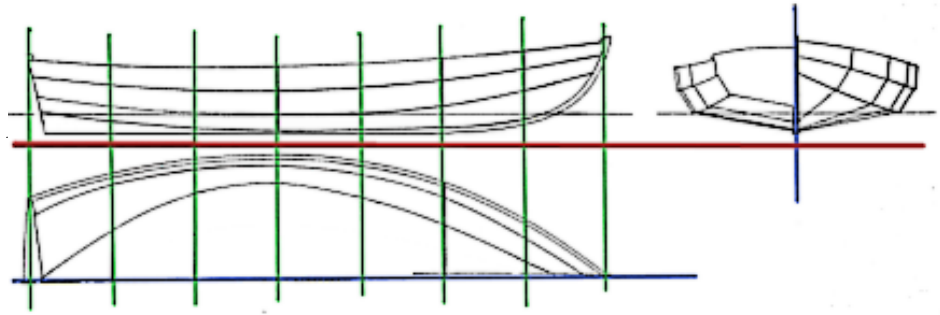
En jouant seulement sur les deux types de développement et en poussant leur logique plus ou moins loin on peut modifier le caractère d'un bateau, son comportement, mais aussi les difficultés de construction.

Il reste à évoquer la *réduction de bordé*. Si l'on considère que le tracé grandeur représente la surface extérieure de la coque, le contour définitif des couples sera obtenu en retranchant l'épaisseur des bordés. Ce tracé (trait rouge) nommé *intérieur bordé* correspond au contour réel du couple.



Remarquons enfin que l'on ajoute sur le plan transversal une ligne horizontale dite de "référence". Cette ligne est placée à une hauteur arbitraire avec pour seuls impératifs d'être rigoureusement perpendiculaire à l'axe vertical du bateau et de couper l'ensemble des couples depuis l'avant jusqu'à l'arrière. Elle sera reproduite sur tous les couples au moment de la découpe. Cette référence commune permettra lors du montage de la charpente de savoir à quelle hauteur placer les couples les uns par rapport aux autres.

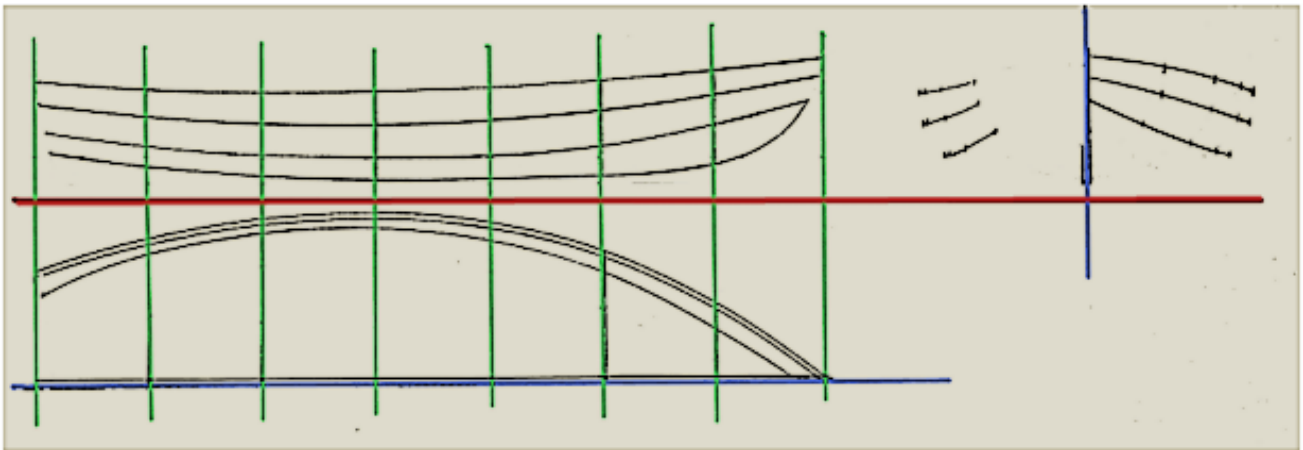




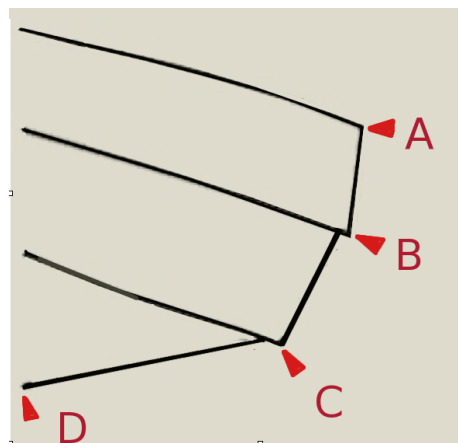
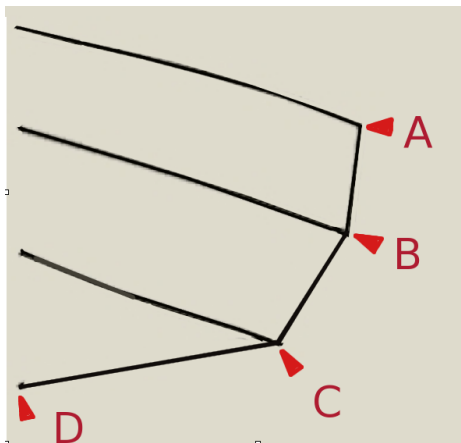
Tracé grandeur d'une coque à clins

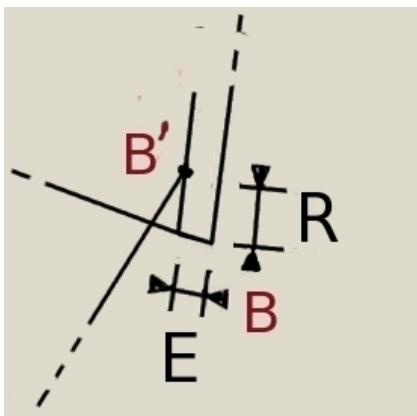
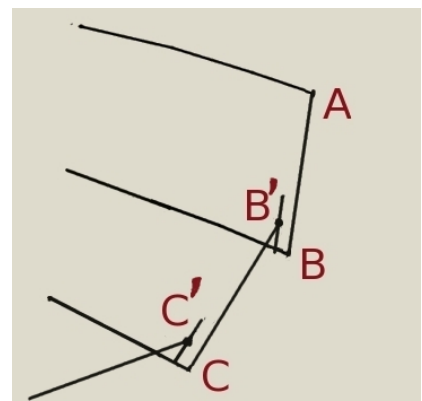
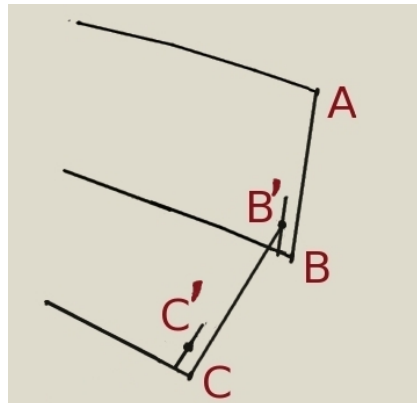
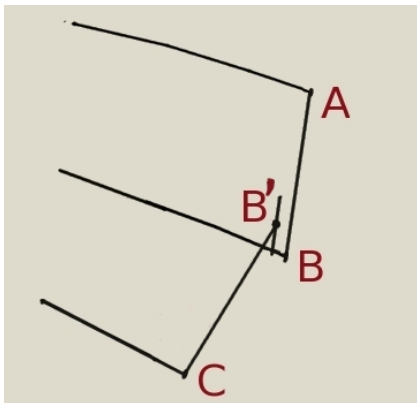
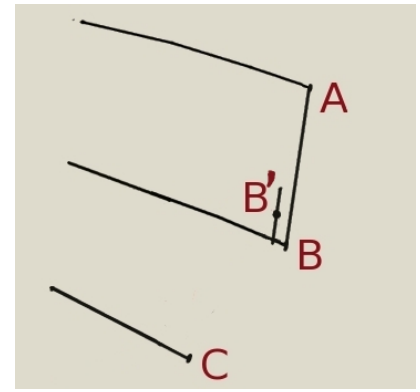
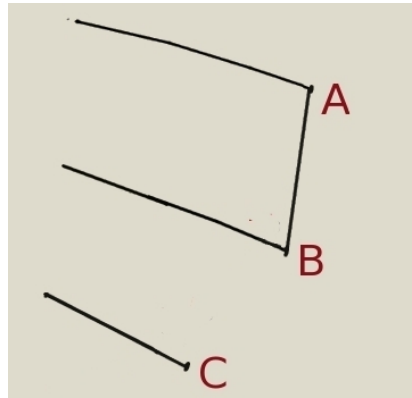
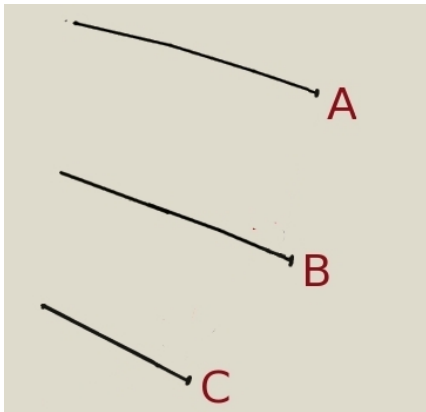
Tout ce qui a été dit précédemment est à réaliser de la même façon dans le cas d'une coque à clins : les différentes lignes rouge, bleues vertes sur le plan au 1/10e ; leur report dix fois plus grand sur les panneaux de contreplaqué. Le tracé en grandeur réelle du livet, des courbes des clins (qui sont comparables à des courbes de bouchain) et enfin de la courbe de râblure.

La différence de tracé entre une coque à bouchain et une coque à clins intervient au moment du tracé du contour des couples.



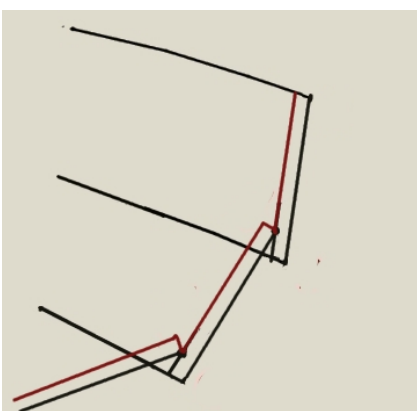
Pour la coque à bouchain comme pour celle à clins les points A,B,C,D sont dans la même position, mais la superposition des clins modifie le contour du couple.





Le tracé du contour est identique pour tous les couples. À partir du point A on rejoint le point B. Parallèlement on trace un segment à une distance égale à l'épaisseur du bordé puis on marque le point B' qui indique la valeur du recouvrement des clins. Du point B' on rejoint le point C. Du point C' on rejoint le point D

Pour une construction en contreplaqué de bateaux de 3 à 8 mètres la valeur de E, qui est l'épaisseur du bordé, varie de 6 à 12 mm. La valeur de R qui est le recouvrement des clins varie de 10 à 20 mm.

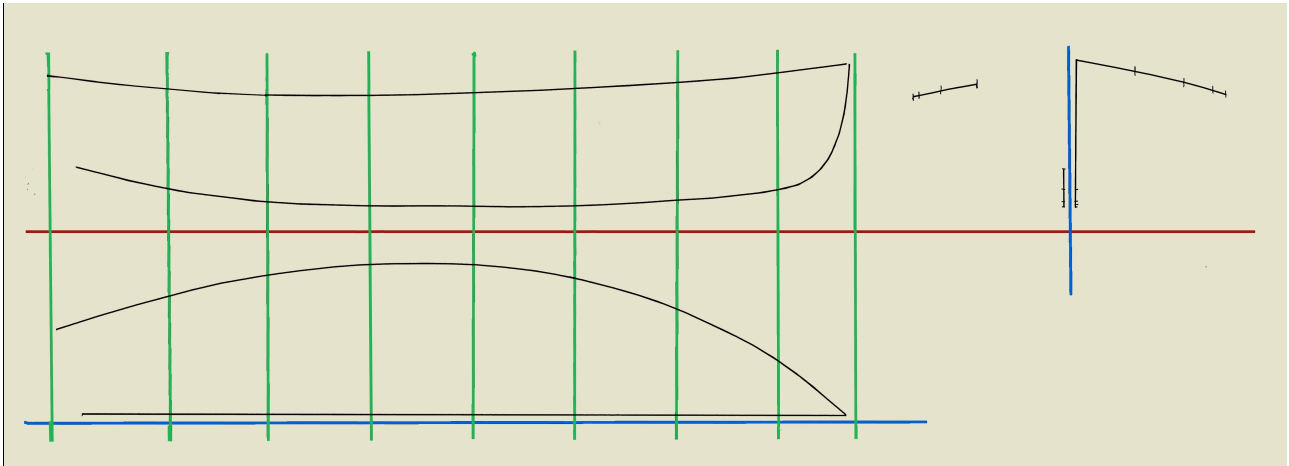
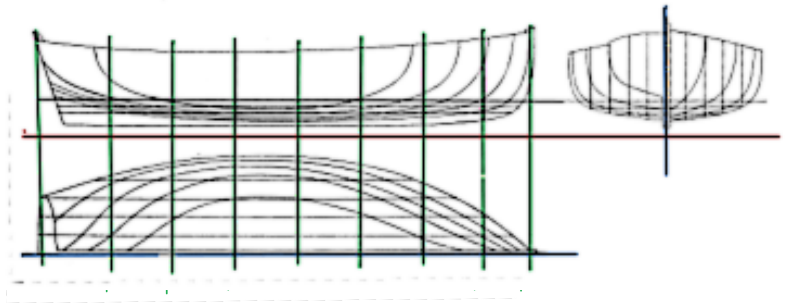


Attention : comme pour un bordé à bouchain, chaque clin peut passer du développement cylindrique à un développement conique (ou le contraire) mais la présence d'un tracé non parallèle au milieu d'un développement cylindrique est une erreur. De même si un tracé ne rayonne pas vers le sommet commun au milieu d'un développement conique (voir page 8).

La déduction de l'épaisseur du bordé permet de tracer le contour définitif du couple (trait rouge). On prendra garde ne pas oublier de tracer la ligne de référence (voir page 8).

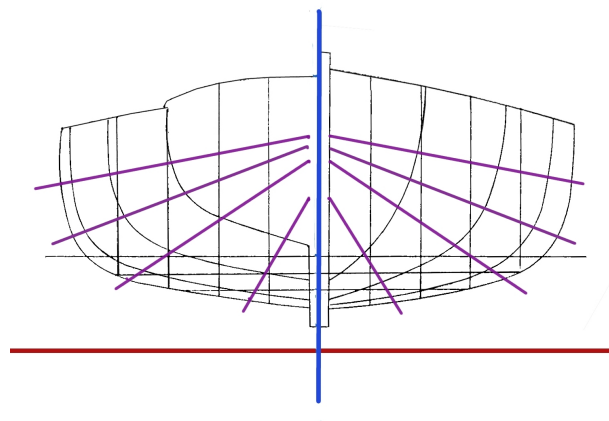
Tracé grandeur d'une coque en forme

Tout ce qui a été dit précédemment est à réaliser de la même façon dans le cas d'une coque en forme : les différentes lignes rouge, bleues vertes sur le plan au 1/10 e ; leur report dix fois plus grand sur les panneaux de contreplaqué. Le tracé en grandeur réelle du livet et de la courbe de râblure.

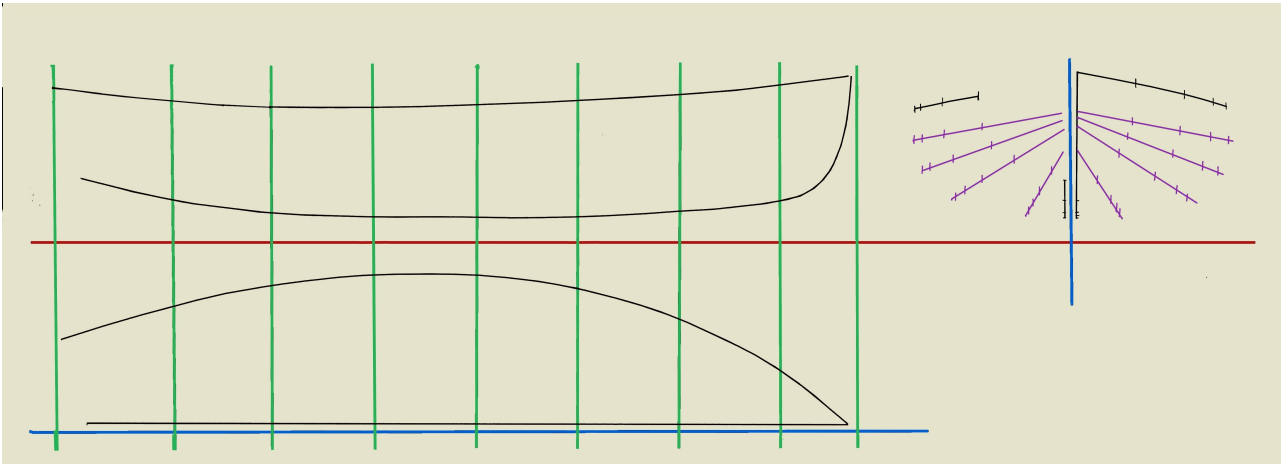


La grande différence entre les formes de coque étudiées précédemment (à bouchain et à clin) et celle en forme provient de l'absence de courbes intermédiaires entre le livet et la râblure. Il n'y a ni courbe de bouchain, ni courbe de clin pour tracer les points d'intersection avec les couples (lignes vertes) sur les vues longitudinale et horizontale. Ces points sont pourtant indispensables pour définir la forme des couples sur la vue transversale en grandeur réelle.

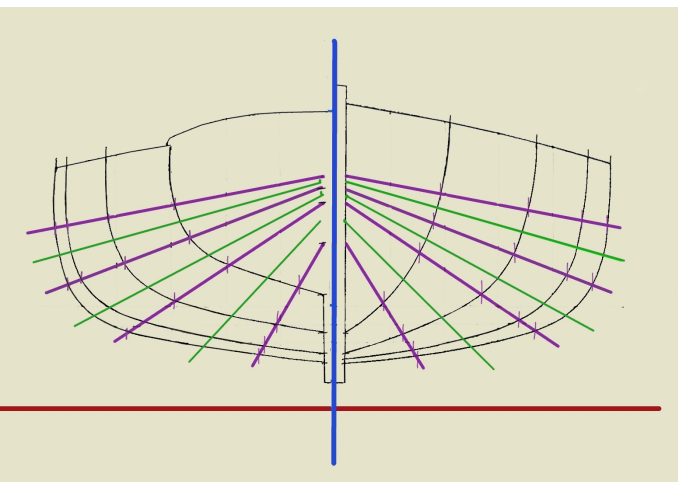
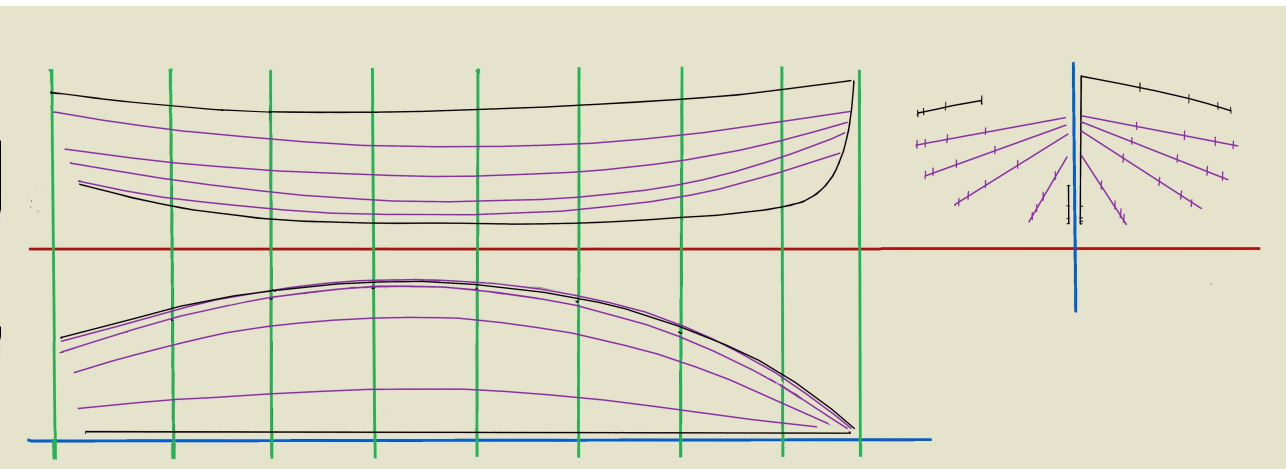
Il va donc falloir créer artificiellement des courbes intermédiaires. Sur la vue transversale du plan au 1/10e on trace des lignes (rectilignes) coupant l'ensemble des couples à un angle le plus proche possible de l'angle droit. Ces lignes sont nommées des *diagonales*. Plus les diagonales sont nombreuses plus les points d'intersection seront également nombreux pour bien maîtriser le contour des couples sur la vue transversale. Trois ou quatre diagonales sont suffisantes pour une coque de forme simple.



Les diagonales et leurs traits d'intersection avec les couples sont reportés en grandeur réelle sur la vue transversale.



À partir de ces points d'intersection il devient possible de tracer sur les vues longitudinale et horizontale les courbes figurant les diagonales. Du fait de l'agrandissement à l'échelle 1 certains points d'intersection seront probablement hors des courbes que l'on aura pris soin de *lisser*, c'est-à-dire de les tracer aussi régulières et pures que possible. On devra alors corriger la position de ces points d'intersection sur la vue transversale en grandeur. On comprendra bien la logique qui consiste à passer d'une vue à une autre dans les trois dimensions, et de reporter autant de fois que nécessaire les corrections des unes sur les autres.



À partir des points d'intersection on peut tracer le contour des couples en grandeur réelle. Il sera prudent de vérifier leur exactitude par le tracé de deux ou trois nouvelles diagonales placées entre les autres (lignes vertes). Quand le contour des couples sera jugé le plus précis possible il restera à effectuer la déduction de l'épaisseur du bordé pour obtenir le contour définitif des couples et tracer la ligne de référence (voit page 8).

Brochetage des bordés

L'opération de brochetage consiste à mesurer contre la charpente du bateau, c'est-à-dire sur une forme en volume, le contour exact du bordé qu'il va falloir découper dans les panneaux de contreplaqué qui, eux, sont plans. Il s'agit donc de définir la forme développée du bordé.

Le contour des bordés pour une coque à bouchain est indiqué par les angles des bouchains visibles sur les couples. Il en est de même pour une coque bordée à clins. Pour une coque en forme bordée en petites lattes collées ou en strip-planking le bordé est continu et le brochetage n'a pas lieu d'être.

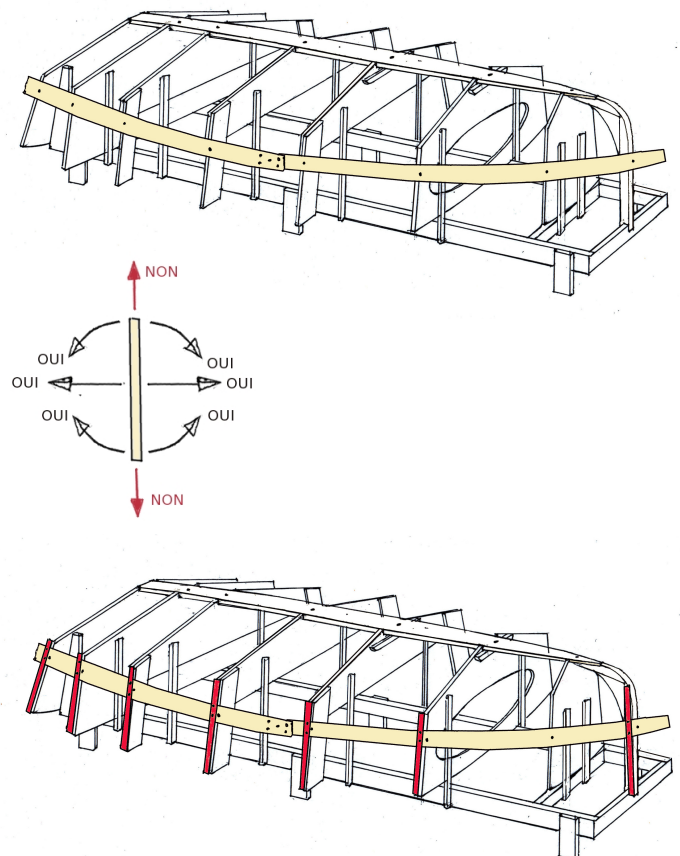
Pour effectuer le brochetage, une latte de section rectangulaire de faible épaisseur et suffisamment large pour ne pas pouvoir être déformée sur chant est placée sur la charpente, dans l'espace que le bordé (ou le clin) que l'on veut brocheter occupera. Elle est plaquée soigneusement contre les couples sur toute la longueur du bateau, en la cintrant dans le cas d'un développement cylindrique ; en la cintrant et en la vrillant pour un développement conique, et impérativement sans jamais la forcer sur son chant (en cas de besoin, la latte à brocheter est réalisée en plusieurs morceaux assemblés pour suivre la forme du futur bordé). Sur cette latte sont alors clouées transversalement de petites piges de bois ou "broches" marquant la largeur exacte du futur bordé, variable d'une membrure à l'autre et de l'avant à l'arrière du bateau. La mesure de la pige se prend sur le chant de chaque couple.

Cette latte à brocheter, qui forme alors une sorte d'échelle, est démontée de la charpente et posée à plat sur les panneaux de contreplaqués dans lesquels le bordé doit être découpé.

Les extrémités des piges constituent les points par lesquels passe la ligne de contour du bordé. En définitive la latte à brocheter, équipée de ses piges n'est rien d'autre qu'un gabarit du bordé. (On peut aussi remplacer les piges par des mesures prises de part et d'autre d'une ligne de référence tracée sur la latte à brocheter).

On procède au brochetage d'un seul bordé (ou clin) à la fois. Pour une coque à bouchain on commencera de préférence par le bordé de flanc le plus proche du livet et l'on terminera par le bordé de fond. Pour un coque à clins on débute au contraire par le clin de fond afin de permettre le recouvrement par le clin suivant. On remarquera que le même brochetage est valable pour les côtés bâbord et tribord, qui sont réalisés et montés sur la charpente en même temps.

Attention toutefois, même si la forme obtenue par brochetage est précise, il sera prudent de prévoir une découpe avec un léger excédent sur le pourtour, qui sera ajusté après mise en place du bordé ou du clin sur la charpente.



Matériel

Le matériel nécessaire pour effectuer le tracé grandeur d'un canot ou d'un petit bateau traditionnel est rudimentaire.

Pour la surface de tracé nous avons vu que l'on utilise deux ou trois panneaux de contreplaqué fixés bout à bout pour obtenir la longueur du bateau. Un contreplaqué ordinaire de 5 mm d'épaisseur que l'on peint en blanc avec une peinture vinylique est parfait. Cela permettra de bien voir les tracés et ces panneaux qui ne seront pas utilisés pour la construction resteront disponibles pour d'éventuelles vérifications pendant toute la durée du chantier.

Pour les mesures il est pratique de disposer de deux mètres à ruban, l'un de deux mètres, l'autre de cinq mètres et également d'une règle graduée en acier d'au moins un mètre.

Pour tirer les lignes droites de grande longueur le mieux est de s'équiper d'une règle de maçon en aluminium. À défaut on utilisera un cordeau.

Pour tirer les longues lignes courbe il est indispensable d'avoir une latte en bois de section rectangulaire (environ 10 x 20mm) d'une longueur supérieur d'un mètre à celle du bateau. Cette latte doit être débitée dans un plateau bien droit de fil et ne pas comporter de défauts, fentes ou noeuds, qui nuiraient à la régularité de sa souplesse.

Pour maintenir la latte placée sur chant dans la courbe souhaitée on utilise soit des poids (plombs, briques ou parpaings) soit des pointes clouées sur les points de passage de la courbe.

Pour les courbes plus courtes on utilisera une règle souple de dessinateur.

Les tracés se font au crayon noir de charpentier (parfaitement aiguisé). On peut aussi utiliser un crayon de menuisier, rouge d'un côté, bleu de l'autre ce qui peut aider à se repérer.

Reste à ajouter une gomme et un peu de patience.

Pour le brochetage des bordés ou des clins, il faudra réaliser une règle à brocheter en débitant des bandes de contreplaqué de 5 ou 6 mm que l'on assemble en deux ou trois parties après leur avoir donné une forme s'inscrivant dans l'espace du futur bordé. On utilisera des chutes de contreplaqué pour tailler les broches.

lignesdeau@wanadoo.fr