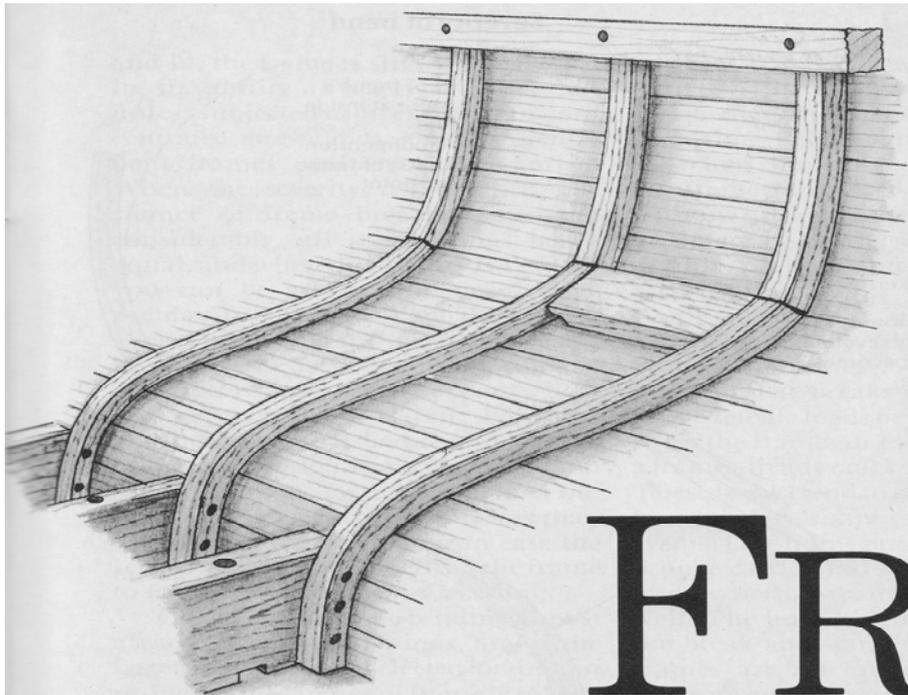


## LES MEMBRURES PLOYEES CASSENT: POURQUOI?

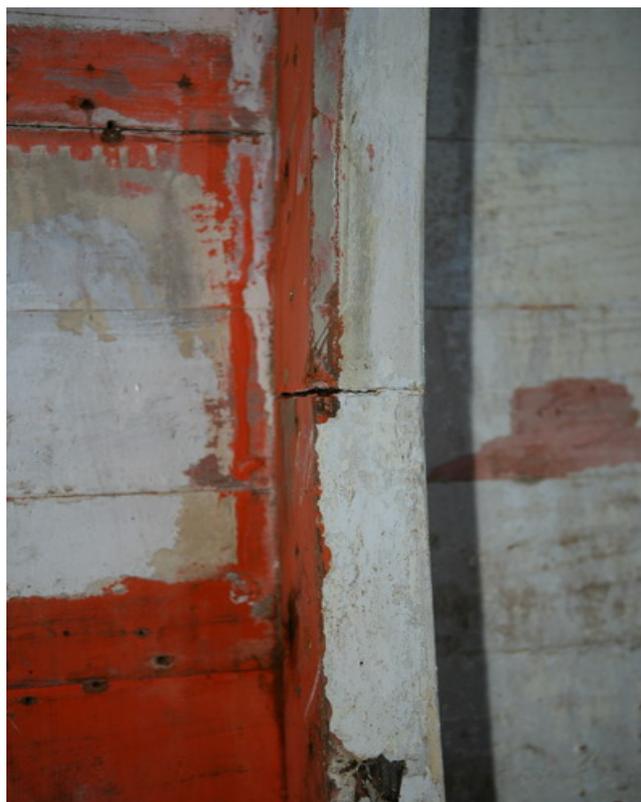
Elles veulent rappeler aux amateurs de vieux gréements que leur bateau est en bois... et donner du boulot aux quelques extra-terrestres qui savent encore travailler selon les méthodes traditionnelles!



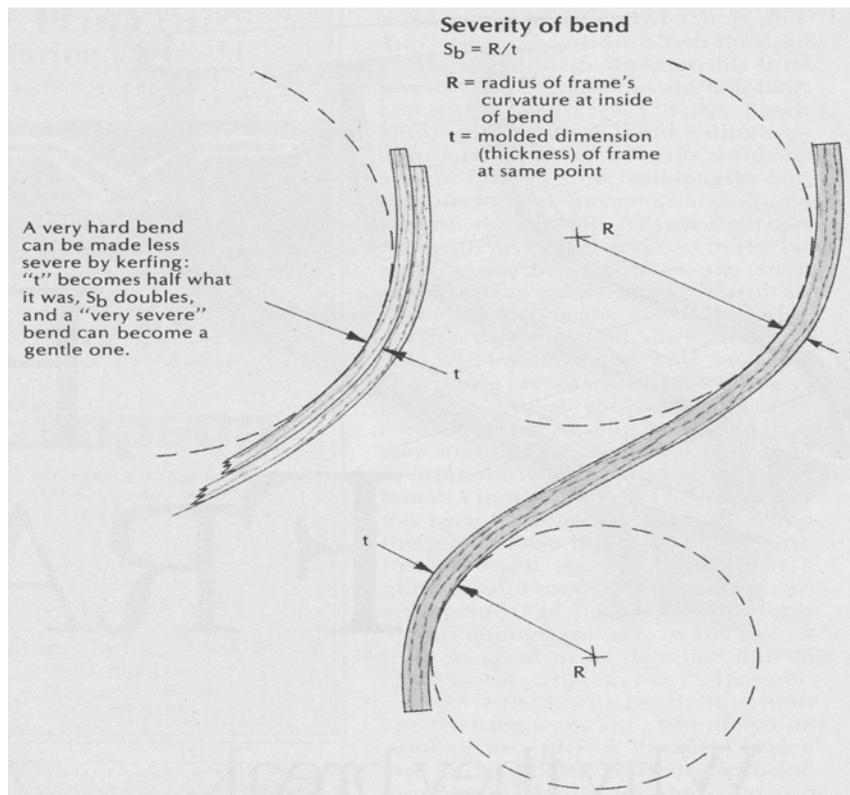
**1- Conception:** Section insuffisante pour supporter la charge structurelle de la coque. Là, le restaurateur est vraiment dans la m... : Autant se demander s'il ne vaut pas mieux construire un autre bateau!

C'est un cas rare heureusement!

**2- Problèmes liés aux fixations** (rivets ou vis) sous-dimensionnées, surdimensionnées ou rendues déficientes par l'âge: Vis cassées, rivets dessertis, rouille... Une pièce rouillée gonfle de sept (7!) fois son volume initial, devinez ce qu'en pense le bois qui est autour?



**3- Faiblesse due à une courbe trop prononcée**, retour de galbord ou serre de bouchain: Merci messieurs les architectes!



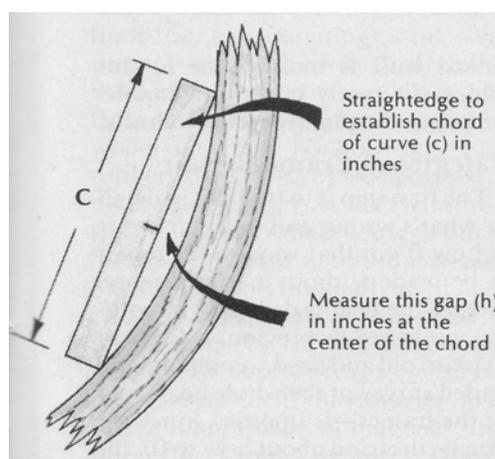
Il est communément admis qu'un rapport de cintrage: rayon de courbure de la membrure "R" sur épaisseur de la membrure "t", soit  $R/t = 15$  est une limite:

Avec  $R/t = 20$ , la courbe est dite "douce"

Avec  $R/t = 10$ , la courbe devient "sévère": On est sûr de casser au moins la moitié des membrures en les ployant.

Le croquis de gauche nous donne tout l'intérêt du lamellé-collé: En débitant la membrure en deux, on divise également le rapport de cintrage par deux car c'est l'épaisseur d'une seule lamelle qui compte. Un rapport de courbe de 10 passe ainsi à 20!

Comment calculer un rayon de courbure:

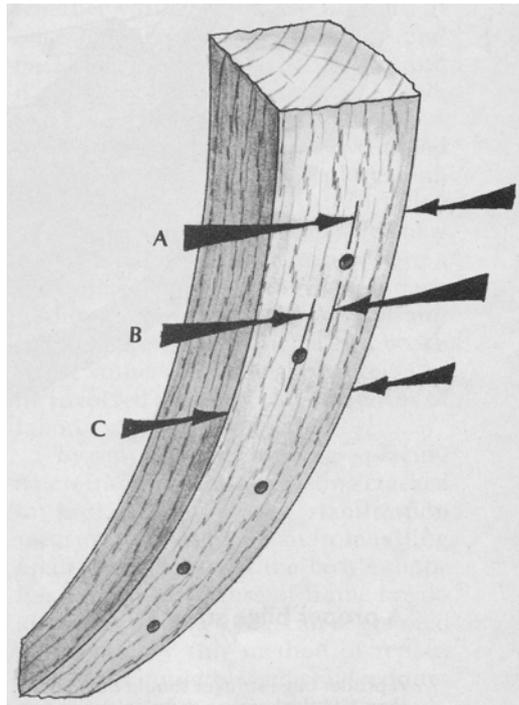


Le rayon de courbure (cintrage) est égal à  $h^2 + (c/2)^2 / 2h$

**c** est la longueur de la règle en cm

**h** est la distance mesurée en cm entre le milieu de la règle et la partie courbée

**4- Problème d'échantillonnage des pièces:** membrures, bordé ou encore serre de bouchain.



**A:** Distance du bord de la membrure au perçage des fixations (vis ou rivets). Au moins 2.5 fois le diamètre de la fixation. Trois fois le diamètre en cas de cintrage sévère.

**B:** Décalage des fixations (pour éviter de fendre le bois)

**C:** Largeur minimum de la membrure:  $2A+B$

**5- Fatigue liée à la navigation:** Moteur (in-board), ses fixations et... ses fuites: Voir certains canots Boesch dont le V8, faute d'entretien de la structure de support, a tendance à traverser la coque en navigant dans la vague... Plouf!

Collisions, chocs en tous genres, talonnage, amarrage incorrect et sans amortisseurs...

Equipage de fous-furieux qui tire sur le bateau pour gagner la régate, jusqu'à ouvrir les bordés au vent ou passer le pieds de mat à travers la quille: Si, si, on a déjà vu...

**6- Mauvaise méthode de réparation**

*Ici: Pas de liaison avec le bordé et membrure encore affaiblie par les perçages! Pas beau...*



## LES METHODES DE REPARATION (justement...)

Se poser la bonne question: "*On répare, on change ou on double?*"

**ON DOUBLE:** Mise en place d'une "jumelle" le long de la membrure endommagée.



*Qui aime faire des trous dans un bateau?... Tout est presque dit!*

- Il vaut mieux réutiliser les trous des rivets d'origine plutôt que de percer juste à côté: On affaiblit le bordé qui n'en demandait pas tant...
- Si ces trous sont abîmés, on peut bouchonner et les repercer
- Si on ne peut pas bouchonner, alors il y a plus à changer qu'une simple membrure!
- La jumelle aura rarement une liaison mécanique parfaite avec la quille ou les varangles au fond, et la serre bauquière en haut. Or c'est ce qui fait la forme d'un bateau...
- Une fois équerrée, percée et mise en place, on s'aperçoit que la jumelle a nécessité autant de travail sinon plus qu'une membrure neuve de remplacement.

Cette solution est donc à réserver pour des cas où le vaigrage ou les éléments intérieurs d'une cabine empêchent vraiment d'accéder sans tout démonter.

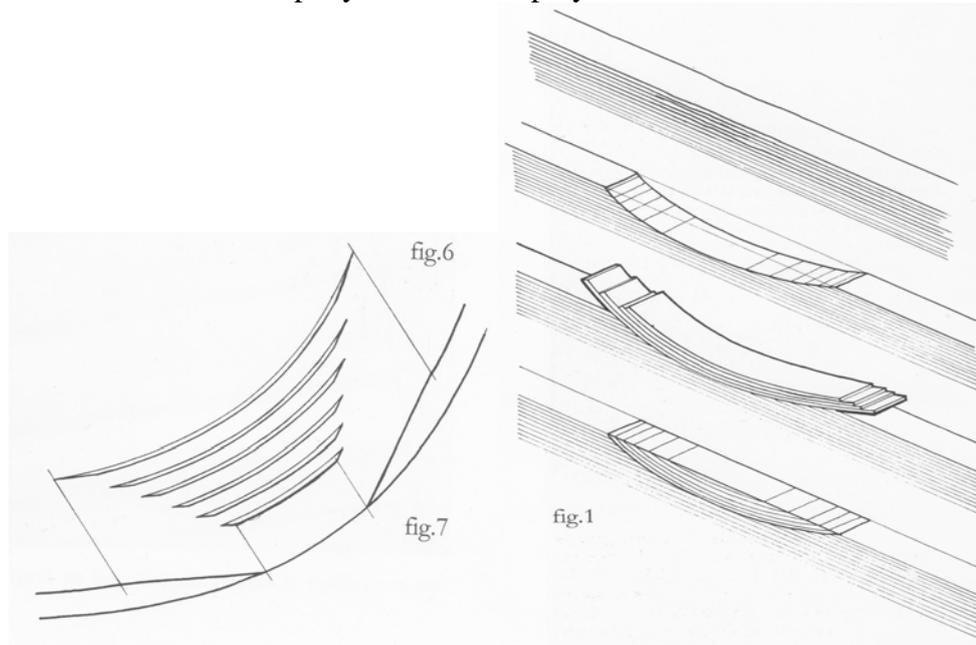
Il faudra également que la casse soit très localisée, si plusieurs membrures sont cassées, se poser la question de leur remplacement.

Cas particulier: Certains bateaux de travail avaient des membrures sciées jumelées d'origine, notamment à la serre de bouchain. Dans ce cas précis, aucun problème à ne changer qu'une partie.

Ce n'est malheureusement pas le cas de nos "petits" bateaux du Léman aux membrures en frêne ou acacia ployées à la vapeur.

## ***ON REPARE:***

L'idéal est un lamellé collé à l'époxy ou à la colle polyuréthane.



- On commence par scarfer la membrure des deux côtés de la cassure
- Une fois les deux côtés ramenés à une pente acceptable, on colle le nombre de lamelles de bois nécessaires pour retrouver l'épaisseur initiale de la membrure.
- Après séchage, on arase au rabot puis à la ponceuse.

Là aussi, il vaut mieux réserver ce traitement à une réparation locale.

## ***En photos:***

Le scarf... (*Le maillet de sculpteur est un outil formidable!*)



... Et le lamellé-collé arasé



### ***ON REMPLACE:***

#### ***Membrure ployée à la vapeur:***

- + Esthétique
- + Conforme à l'origine
- + Respect de la tradition
- Force le vieux bois du bateau: Certains se sont ainsi retrouvé avec des bateaux plus larges de 20 ou 30 cm au maître bau!
- Difficile à mettre en œuvre: Compter +/- une heure dans l'étuve par cm d'épaisseur...
- Casse quelquefois le lendemain de la mise en place... Les boules!

#### ***Membrure en lamellé-collé:***

- + Aussi résistante mais moins déformable (Voir test joint réalisé en laboratoire en... 1962!)
- + Mise en forme avant la pose: Ne force pas les bois du bateau, mais au contraire permet de ramener le bateau dans ses formes d'origine.
- + Permet des courbes impensables avec une membrure classique.
- + Esthétique conforme à l'original (si le travail a été bien fait): Seul un spécialiste de la quadri section capillaire pourra trouver à y redire!
- + Imputrescible: Chaque couche de colle isole le bois de l'humidité.
- Plus de travail de préparation / mise en forme / collage
- Ne plaît pas aux puristes...

### ***UN BON COMPROMIS?***

On peut tout à fait mettre en place une membrure en lamellé-collé toutes les deux ou trois membrures ployées – c'est à peu près l'espacement traditionnel des gabarits de construction : Elle jouera alors le rôle d'un gabarit qui pourra rester en place, donc redonner et maintenir la forme initiale du bateau.

## SCANTLING RULES USED BY HERRESHOFF AND NEVINS

These rules are a good guide to the relationships among displacement, plank thickness, and frame size and spacing. The frame scantlings listed in the table are the sided and molded dimensions below the turn of the bilge for frames square at that point. Both builders adhered quite closely to their rules for plank thickness, frame spacing, and molded dimension, but both usually decreased the sided dimension considerably from the rule scantlings. Herreshoff tapered molded dimensions to about 85% of the rule dimension at the frame head, and Nevins to 110% or more of the rule dimension at the heel. Herreshoff also often tapered the sided dimension at the top for about 1/3 of the frame length except in the way of hanging knees.

Herreshoff's rule provides for slightly thicker planking than does Nevins's; Herreshoff usually planked with softwood, whereas Nevins used a lot of mahogany. Herreshoff's rule gives larger frame dimensions with greater spacing. In practice, Herreshoff generally used a sided dimension similar to that called for by Nevins's rule.

The table for frame cross section per lineal foot of hull shows that Herreshoff's rule produced a more heavily framed hull in the smaller sizes, Nevins's rule in the larger sizes. Herreshoff sometimes halved the frame spacing in the way of maststeps. These values should be considered a minimum for single-planked mahogany boats, which often have problems with tension breaks in the frames because of the compressive strength of mahogany.

Although both builders recommend the use of saw kerfs in the tops of severely bent frames to ease the severity of bend, they rarely practiced what they preached, and boats of both builders have frame problems in areas of tight curvature for that reason.

| $\sqrt[3]{D}$ (ft) | Displ. (lbs) | Thickness of Plank (in) | Frame Space (in) | Frame Siding/Molding (in) | Frame Area (in <sup>2</sup> /ft of hull) |
|--------------------|--------------|-------------------------|------------------|---------------------------|--|
| 3.0                | 1,728        | H .44                   | 5.9              | .80                       | 1.31                                     |
|                    |              | N .36                   | 4.8              | .64                       | 1.02                                     |
| 3.5                | 2,744        | H .52                   | 6.8              | .95                       | 1.60                                     |
|                    |              | N .46                   | 5.4              | .74                       | 1.22                                     |
| 4.0                | 4,096        | H .60                   | 7.7              | 1.10                      | 1.90                                     |
|                    |              | N .56                   | 6.0              | .81                       | 1.31                                     |
| 4.5                | 5,832        | H .69                   | 8.5              | 1.26                      | 2.22                                     |
|                    |              | N .64                   | 6.7              | .96                       | 1.65                                     |
| 5.0                | 8,000        | H .77                   | 9.4              | 1.41                      | 2.53                                     |
|                    |              | N .72                   | 7.4              | 1.13                      | 2.07                                     |
| 5.5                | 10,648       | H .86                   | 10.2             | 1.56                      | 2.88                                     |
|                    |              | N .80                   | 8.0              | 1.30                      | 2.54                                     |
| 6.0                | 13,824       | H .94                   | 11.0             | 1.72                      | 3.24                                     |
|                    |              | N .90                   | 8.7              | 1.48                      | 3.02                                     |
| 6.5                | 17,576       | H 1.03                  | 11.9             | 1.88                      | 3.57                                     |
|                    |              | N .98                   | 9.1              | 1.65                      | 3.59                                     |
| 7.0                | 21,952       | H 1.16                  | 12.7             | 2.04                      | 3.93                                     |
|                    |              | N 1.08                  | 10.0             | 1.83                      | 4.02                                     |
| 8.0                | 32,768       | H 1.29                  | 14.3             | 2.36                      | 4.69                                     |
|                    |              | N 1.25                  | 11.3             | 2.17                      | 5.00                                     |
| 9.0                | 46,656       | H 1.47                  | 15.9             | 2.69                      | 5.46                                     |
|                    |              | N 1.43                  | 12.5             | 2.50                      | 6.00                                     |
| 10.0               | 64,000       | H 1.65                  | 17.5             | 3.02                      | 6.26                                     |
|                    |              | N 1.60                  | 13.7             | 2.82                      | 6.97                                     |
| 11.00              | 85,184       | H 1.83                  | 19.0             | 3.36                      | 7.11                                     |
|                    |              | N 1.76                  | 14.9             | 3.15                      | 7.99                                     |
| 12.00              | 110,592      | H 2.02                  | 20.6             | 3.69                      | 7.94                                     |
|                    |              | N 1.93                  | 16.1             | 3.51                      | 9.18                                     |

*Values are for ballasted sailing craft.  
Frame sizes slightly less for centerboarders.*

Pour les non anglophones...

**Règles de construction de Herreshoff et Nevins**, deux grands architectes navals américains.

**Colonnes:**

- 1: N/A... Si un matheux peut m'expliquer ce qu'est la racine cubique de "D" en pieds...
- 2: Déplacement en livres (Diviser +/- par 2 pour avoir des Kg)
- 3: Épaisseur des bordés (plank) en pouces (1 inch = 2.54 cm) selon H: Herreshoff et N: Nevins
- 4: Espacement des membrures (frames) toujours en pouces
- 5: Section des membrures
- 6: Surface des membrures (en pouces<sup>2</sup>/par pied de longueur de coque)

**En résumé:**

Ces règles sont un bon guide sur la relation entre déplacement, épaisseur du bordé, taille et espacement des membrures... Elles s'appliquent au retour de galbord (endroit où les contraintes sont les plus fortes!). Les deux architectes n'hésitaient pas à y déroger pour alléger les hauts.

Herreshoff (qui bordait en bois blanc) préconise des bordés plus épais que Nevins qui n'utilisait que l'acajou.

La table 6 montre que les règles d'Herreshoff produisent les bateaux de petite taille avec le plus grand nombre de couples (membrures). Herreshoff n'hésitait pas à les doubler, notamment au pieds de mat et "ces valeurs devraient être considérées comme un minimum pour des bateaux à simple bordé en acajou, qui ont souvent des problèmes de membrures cassées à cause de la force de compression de l'acajou".

Enfin, "Bien que les deux constructeurs recommandent l'usage de membrures sciées en long (idem lamellé-collé: Voir 3- *Faiblesse due à une courbe trop prononcée*) dans les cas de courbes sévères pour soulager la dureté du cintrage, ils ont rarement mis en pratique leurs théories, et les bateaux des deux constructeurs rencontrent des problèmes de membrures aux endroits de forte courbure pour cette raison..." CQFD!