



HAL
open science

L'épave des Marinières : un témoin des mutations technologiques dans les chantiers navals du XVe siècle

Michel Daeffler

► **To cite this version:**

Michel Daeffler. L'épave des Marinières : un témoin des mutations technologiques dans les chantiers navals du XVe siècle. *Revue d'histoire maritime*, 2007, 7, pp.9-56. 10.70551/DHVV3124. hal-04769682

HAL Id: hal-04769682

<https://hal.sorbonne-universite.fr/hal-04769682v1>

Submitted on 6 Nov 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial 4.0 International License

numéro

7

*Revue d'***HISTOIRE MARITIME**

Histoire maritime
Outre-mer
Relations internationales

*Les constructions navales
dans l'histoire*

Daeffler – 979-10-231-1689-2

PUPS

REVUE D'HISTOIRE MARITIME

Dirigée par Olivier Chaline & Sylviane Llinares

28. *Sortir de la guerre sur mer*
27. *Mer et techniques*
26. *Financer l'entreprise maritime*
25. *Le Navire à la mer*
24. *Gestion et exploitation des ressources marines de l'époque moderne à nos jours*
- 22-23. *L'Économie de la guerre navale, de l'Antiquité au XX^e siècle*
21. *Les Nouveaux Enjeux de l'archéologie sous-marine*
20. *La Marine nationale et la première guerre mondiale : une histoire à redécouvrir*
19. *Les Amirautés en France et outre-mer du Moyen Âge au début du XIX^e siècle*
18. *Travail et travailleurs maritimes (XVIII^e-XX^e siècle). Du métier aux représentations*
17. *Course, piraterie et économies littorales (XV^e-XXI^e siècle)*
16. *La Puissance navale*
15. *Pêches et pêcheries en Europe occidentale du Moyen Âge à nos jours*
14. *Marine, État et Politique*
13. *La Méditerranée dans les circulations atlantiques au XVIII^e siècle*
12. *Stratégies navales : l'exemple de l'océan Indien et le rôle des amiraux*
- 10-11. *La Recherche internationale en histoire maritime : essai d'évaluation*
9. *Risque, sécurité et sécurisation maritimes depuis le Moyen Âge*
8. *Histoire du cabotage européen aux XVI^e-XIX^e siècles*
7. *Les Constructions navales dans l'histoire*
6. *Les Français dans le Pacifique*
5. *La Marine marchande française de 1850 à 2000*
4. *Rivalités maritimes européennes (XVI^e-XIX^e siècle)*
- 2-3. *L'Histoire maritime à l'Époque moderne*
1. *La Percée de l'Europe sur les océans vers 1690-vers 1790*

Revue d'histoire maritime

7

Les constructions navales
dans l'histoire

Les PUPS, désormais SUP, sont un service général
de la faculté des Lettres de Sorbonne Université.

© Presses de l'université Paris-Sorbonne, 2007
© Sorbonne Université Presses, 2021

ISBN papier : 978-2-84050-509-9
PDF complet – 979-10-231-1687-8

TIRÉS À PART EN PDF :

Avant-propos – 979-10-231-1688-5
Daeffler – 979-10-231-1689-2
Villiers – 979-10-231-1690-8
Rodger – 979-10-231-1691-5
Quintero González – 979-10-231-1692-2
Suárez Grimón – 979-10-231-1693-9
Marnot – 979-10-231-1694-6
Borde – 979-10-231-1695-3
Perpillou – 979-10-231-1696-0
Fernandez – 979-10-231-1697-7
Marzagalli – 979-10-231-1698-4
Comptes rendus – 979-10-231-1699-1
Marcadon – 979-10-231-1700-4

Mise en page Lettres d'Or
Version numérique: 3d2s/Emmanuel Marc Dubois

SUP

Maison de la Recherche
Sorbonne Université
28, rue Serpente
75006 Paris

tél. : (33)(0)1 53 10 57 60

sup@sorbonne-universite.fr

sup.sorbonne-universite.fr

SOMMAIRE

Avant-propos	
Jean-Pierre Poussou	5

Les constructions navales dans l'histoire

L'épave des Marinières : un témoin des mutations technologiques dans les chantiers navals du xv^e siècle	
Michel Daeffler	9
Navires corsaires et constructions navales de Louis XIV à Napoléon I^{er}	
Patrick Villiers	57
Formes et fonctions des navires européens du milieu du xvii^e siècle au début du xix^e siècle (1660-1815)	
Nicholas A. M. Rodger	81
L'arsenal de la Carraca : contribution à l'étude de la construction navale espagnole au xviii^e siècle	
José Quintero González	105
Note de présentation de l'article sur la construction navale aux Canaries au xviii^e siècle	131
Construction navale et charpentiers de bateaux aux Canaries au xviii^e siècle	
Vicente J. Suárez Grimón	135
Le paradoxe de la construction navale dans la marine marchande en France de 1815 à 1914	
Bruno Marnot	183
L'intégration de la sécurité maritime dans les constructions navales, du <i>Great Eastern</i> au <i>Titanic</i> (1858-1912)	
Christian Borde	213

Présentation de l'article d'Aimé Perpillou : Les principaux chantiers maritimes mondiaux en 1959.....	231
Les principaux chantiers maritimes mondiaux en 1959	
Aimé Perpillou	233
Sur la disparition des activités de construction navale à Bordeaux	
Alexandre Fernandez	263
Position de thèse et d'habilitation : Silvia Marzagalli.....	277
Comptes rendus.....	285
Mémoires soutenus à l'Université de Caen – Basse-Normandie (suite)	289
<i>In memoriam</i> : André Vigarié, géographe de la mer et des ports	
Jacques Marcadon	291

L'ÉPAVE DES MARINIÈRES : UN TÉMOIN DES MUTATIONS TECHNOLOGIQUES DANS LES CHANTIERS NAVALS DU XV^e SIÈCLE

Michel Daeffler

L'épave des Marinières est située au fond de la baie de Villefranche-sur-Mer, près de la plage des Marinières, où elle repose sous 5 m d'eau, parallèlement à la plage (fig. 1). Découverte en 1985, elle est l'objet en 1992 et 1993 de deux campagnes de fouilles dirigées par Jean-Marie Gassend et Alain Visquis. Ces premières recherches mettent à jour plusieurs céramiques d'origines pisano-ligures et toscanes, datant provisoirement l'épave de la fin du xv^e et du début du xvi^e siècle¹. En 1996, une expertise dirigée par Michel L'Hour est entreprise sur l'épave. La bonne conservation de celle-ci a permis de reprendre la fouille du site sous ma direction². Il est alors décidé d'orienter ce nouveau chantier vers l'étude architecturale du navire³.

Afin d'affiner la datation de l'épave et de mieux cerner le contexte historique du site, une analyse dendrochronologique est effectuée par Frédéric Guibal. Une date d'abattage des arbres comprise entre 1420 et 1430 a ainsi pu être proposée⁴.

- 1 Alain Visquis, *Épave des Marinières, rade de Villefranche, rapport de fouille*, 1993 ; Henri Amouric, Florence Richez, Lucy Vallami, *Vingt mille pots sous les mers*, Aix-en-Provence, Édisud, 1999, p. 60-61.
- 2 Cette fouille n'aurait pu être entreprise sans l'aide de tous ceux qui ont participé aux quatre campagnes de 1997 à 2000 : Marie-Pierre Brin, Christian Cholet, François Couapel, Nathalie García, Jean-Marie Gassend (CNRS), Vincent Jaricot (stagiaire CEEAN), Michel Khripouchine, Georges Lepelletier, David Maka (stagiaire CEEAN), Chrystelle March, Denis Metzger (DRASSM), Anne-Christine Nalin, Thierry Nalin, Armelle Payer (stagiaire CEEAN), Patrice Pitsch, Lionel Vidal (stagiaire CEEAN), Élisabeth Veyrat.
- 3 Je me permets de remercier à cette occasion le Département des Recherches archéologiques subaquatiques et sous-marines pour son aide et son soutien, sans lesquels ce projet de recherche n'aurait pu être mené à bien, et tout particulièrement M. Michel L'Hour, dont les compétences et les conseils ont été très précieux lors de cette fouille.
- 4 Michel Daeffler, *L'Épave des Marinières, rapport de fouille de la campagne de 1998*, p. 10.

Le ^{xv}^e siècle et le début du ^{xvi}^e sont une période de grande évolution dans l'architecture navale européenne. Au Ponant, la construction à clins, qui règne dans cette partie de l'Europe, est progressivement détrônée par des techniques de construction d'origine méditerranéenne. Au début du ^{xv}^e siècle, deux grandes écoles de construction sont en usage en Europe : la construction à clins et la construction à franc-bord (fig. 2). À cette époque, la construction à clins est employée dans toute l'Europe du Nord et de l'Ouest⁵. D'origine scandinave⁶, elle se répand avec l'expansion viking en Europe. Cette tradition architecturale est fondée sur des procédés de construction et une méthode de conception de type « bordé premier », c'est-à-dire que le bordé est réalisé et mis en place avant la charpente transversale, et participe directement à l'élaboration des formes de carène⁷. Après la mise en place de la charpente axiale, les différentes virures⁸ du bordé⁹, se recouvrant sur une partie de leur largeur, sont assemblées entre elles au moyen de rivets. Le bordé étant partiellement ou totalement achevé, la membrure est alors mise en place et fixée à l'intérieur de la coque. Dans cette tradition, le bordé joue un rôle structurel majeur grâce à sa cohésion, alors que les membres, relativement espacés et de faible échantillonnage, jouent plus un rôle de renfort transversal.

En Méditerranée, une autre tradition est en usage. Les navires sont construits à franc bord, selon une tradition dite « charpente première » : la charpente axiale et la membrure sont tout d'abord réalisées et assemblées avant la pose du bordé sur les couples. Cette construction est dite à franc-bord car les planches sont placées bord à bord sur la charpente. Il convient de préciser que cette construction méditerranéenne de type « charpente première » est attestée pour la première fois avec l'épave de Dor datée de la fin du ^v^e ou du début du ^{vi}^e siècle¹⁰. Cette tradition de construction méditerranéenne utilise exclusivement des chevilles métalliques pour l'assemblage des éléments de la

5 Elisabeth Ridel, « Bateaux de type scandinave en Normandie (^x^e-^{xiii}^e siècle) », dans *L'Héritage maritime des Vikings en Europe de l'Ouest*, Caen, Presses universitaires de Caen, 2002, p. 289-319.

6 Christian Lemée, « L'évolution du bateau en Scandinavie de l'âge de pierre aux Vikings », dans *L'Héritage maritime des Vikings en Europe de l'Ouest*, *op. cit.*, p. 173-198.

7 Éric Rieth, « La construction navale scandinave (^{viii}^e-^{xii}^e siècle) : quelques résultats récents », dans *Les Mondes normands (^{viii}^e-^{xii}^e s.)*, Caen, Presses universitaires de Caen, 1987, p. 34-35.

8 Ce terme désigne une file de planches de la coque s'étendant de l'avant à l'arrière du navire.

9 Le bordé d'un navire est l'ensemble des planches formant sa coque.

10 Hadas Mor et Yaacov Kahanov, « The Dor 2001/1 shipwreck, Israel-a summary of the excavation », *International Journal of Nautical Archaeology*, vol. 35, n° 2, octobre 2006, p. 274-289.

charpente et des clous pour la fixation des planches du bordé sur la charpente. Aucune cheville de bois ou gournable¹¹ n'intervient dans la construction du navire¹².

L'analyse de plusieurs épaves de navires méditerranéens¹³, ainsi que l'étude de traités d'architecture navale¹⁴, ont permis de mettre en évidence une méthode de conception faisant appel à des gabarits pour le tracé de la membrure. Ces gabarits sont des sortes de « patrons » en planches fines permettant de tracer les éléments de la membrure (varangues, genoux, allonges) avant leur mise en place sur la quille. À chacun de ces éléments correspond un gabarit particulier : un gabarit pour les varangues¹⁵, un autre pour les genoux¹⁶, et un dernier pour les allonges (fig. 3).

La génération des formes de la coque est obtenue par déplacement de ces gabarits les uns par rapport aux autres. La forme des fonds de la coque est le résultat d'un double déplacement du gabarit des varangues (fig. 4) :

- un déplacement horizontal appelé diminution des varangues,
- un déplacement vertical appelé acculement.

Si les fonds doivent se pincer de plus en plus fortement vers l'arrière, afin que les filets d'eau soient convenablement conduits jusqu'au gouvernail, il n'en va pas de même avec la largeur du navire. Cette dernière doit diminuer beaucoup moins fortement afin de garder des capacités de carène suffisantes : le navire trouvera ainsi un bon appui latéral lorsqu'il sera sous voile. Pour compenser partiellement la diminution des varangues, le gabarit des genoux est soumis à un basculement vers l'extérieur, appelé « trébuchement » (fig. 5).

Tous ces déplacements sont contrôlés par des graduations placées sur les gabarits et sur des tablettes utilisées en association avec ces derniers. Cet usage des gabarits est limité à la partie centrale de la coque délimitée par

11 C'est une longue cheville en bois dur utilisée pour fixer les bordages aux couples. Elle est également utilisée pour l'assemblage des éléments des couples entre eux. Cette cheville est caractéristique de la construction navale de l'Ouest au Nord de l'Europe.

12 Pierre Villie, « L'Épave Calvi I », dans Jean-Pierre Joncheray, *Cahiers d'archéologie subaquatique*, n° VIII, 1989, p. 19-45 ; n° IX, 1990, p. 83-130 ; n° X, 1991, p. 69-92.

13 Éric Rieth, *Le Maître gabarit, la tablette et le trébuchet. Essai sur la conception non-graphique des carènes du Moyen Âge au xx^e siècle*, Paris, CTHS, 1996, p. 149-164 ; Michel Daeffler, *Étude des méthodes de conception des bâtiments de commerce méditerranéens, l'exemple de l'épave de Calvi I*, mémoire multigraphié, Diplôme de l'EHESS, 1991.

14 Michel Daeffler, *Du traité manuscrit au plan de formes : restitution graphique d'une galère française (1685-1690) à l'aide d'un système de conception assisté par ordinateur*, mémoire de DEA, multigraphié, EHESS, 1992.

15 C'est la première et la principale pièce entrant dans la construction des couples. Elle s'assemble à la quille, perpendiculairement à l'axe du navire.

16 Les genoux sont des pièces courbes assemblées par leur extrémité inférieure aux varangues. Par leur courbure, ils font la liaison entre la forme des fonds obtenue par les varangues et celle des flancs.

deux couples particuliers, les couples de balancement. Les extrémités avant et arrière, dont les formes évoluent trop profondément, ne peuvent pas être obtenues à l'aide des gabarits. Les constructeurs méditerranéens font alors appel à des lisses, fines baguettes clouées sur les couples centraux et courant de l'étrave à l'étambot, afin de définir les formes de l'avant et de l'arrière du navire. Cette méthode de conception par gabarit est attestée au moins depuis la fin du XIII^e siècle¹⁷. Son origine, bien plus ancienne, se situe probablement en Méditerranée orientale¹⁸.

Cette séparation bien nette entre ces deux traditions semble se dissiper doucement au cours du XV^e siècle : plusieurs mentions de « carvels » apparaissent dans des documents anglais et une « carvel » est construite en 1451 à Dieppe¹⁹. Ce terme désigne, dans ces divers documents, un navire construit à franc-bord, selon une méthode d'origine méditerranéenne. Il dériverait du mot portugais « caravela »²⁰. La construction à clins ne disparaît pas pour autant du jour au lendemain. Le tonnage des navires augmentant, cette tradition évolue vers une charpente de plus en plus forte²¹. L'épave de l'Aber Wrac'h I, datée de 1435 environ²², est celle d'un navire construit à clins et présentant une membrure massive et serrée, très différente de celle des navires de l'époque Viking²³. Les auteurs de l'article notent, à juste titre, que la construction de type « bordé premier » et l'usage des rivets pour l'assemblage des clins sont dans la droite ligne de la tradition scandinave. Toutefois, la robustesse de la membrure est en contradiction avec la souplesse des navires de tradition scandinave. Une évolution de cette tradition apparaît donc sur cette épave. Un autre indice de ce changement se trouve dans un document de 1419 concernant la construction d'un navire à clins à Bayonne pour le

12

17 Éric Rieth, *Le Maître gabarit, la tablette et le trébuchet...*, op. cit., p. 148.

18 L'une des plus anciennes attestations de *membrures prédéterminées* avant leur mise en place sur la quille est l'épave de Serçe Leman, datée de 1025 environ : voir J. Richard Steffy, *Wooden Shipbuilding and the Interpretation of Shipwrecks*, College Station, Texas A&M University Press, 1994, p. 85-91.

19 Ian Friel, *The Good Ship. Ships, Shipbuilding and Technology in England 1200-1520*, Londres, British Museum Press, 1995, p. 177.

20 *Ibid*, p. 175.

21 Jonathan Adams et Jennifer Blach, « From rescue to research : medieval ship finds in St Peter port, Guernsey », *International Journal of Nautical Archaeology*, vol. 33, n° 2, octobre 2004, p. 230-252.

22 Michel L'Hour et Élisabeth Veyrat, « The french medieval clinker wreck from Aber Wrac'h », dans Christer Westerdahl, *Cross Roads in Ancient Shipbuilding*, oxbow monograph 40, Oxbow books, Oxford, 1994, p. 165-180.

23 Michel L'Hour et Elisabeth Veyrat, « A mid-15th century clinker boat off the north coast of France, the Aber Wrac'h I wreck : a preliminary report », *International Journal of Nautical Archaeology*, vol. 18, n° 4, novembre 1989, p. 285-298.

roi Henri V²⁴. Ce texte, donnant une série de dimensions du bâtiment en construction, indique « ...le bau au droit du (grand) mât a pour longueur 41 pieds communs, et le bau du *hameron* avant a 39 pieds de long, et le bau du *hameron* arrière a 34 pieds de long... »²⁵. Le terme de « hameron », par comparaison avec d'autres documents anglais et ibériques, introduit, selon Brad Loewen, un concept nouveau dans la construction à clins : celui de couples de balancement²⁶, directement associés à la construction à franc bord et aux membrures gabariées. Ce grand navire de Bayonne procéderait alors de deux traditions : un navire construit à clins ayant certaines membrures gabariées.

C'est dans ce contexte qu'intervient l'épave de Cavalaire, fouillée par Marion Delhaye. Daté de la seconde moitié du xv^e siècle, ce navire présente la particularité d'être construit à franc bord au centre et à clins aux extrémités²⁷. La membrure de cette épave est d'un type similaire à celle de l'épave des Marinières : les varangues et les genoux sont assemblés par des écarts à queue d'aronde et chevillés ensemble. Le galbord est également solidement cloué à la quille. Par contre, les varangues ne sont pas chevillées à la quille mais aux galbords. Toutefois, les assemblages à queue d'aronde ont été si maladroitement réalisés que certains s'emboîtent difficilement, indiquant que le constructeur n'était probablement pas habitué à cette technique de construction.

Cette évolution, amorcée au tout début du xv^e siècle, se poursuit durant le siècle suivant. Ce transfert de technologie du sud vers le nord ne s'est pas effectué sans difficultés. Par exemple, des documents anglais de la seconde moitié du xvi^e siècle montrent que certaines règles de conception propres à la Méditerranée sont mal comprises, voire totalement ignorées des constructeurs du Ponant²⁸. En effet, plusieurs textes espagnols et anglais du xvi^e siècle

24 Brad Loewen, « Bayonne 1419, lapstraking and moulded frames in the same hull ? », dans *The Mariner's Mirror*, vol. 83, n° 3, août 1997, p. 328-331.

25 « The mast beam is in length 41 common feet, and the beam of the hameron afore is in length 39 feet, and the beam of the hameron behind is in length 34 feet... ».

26 Au nombre de deux, l'un, appelé couple de balancement avant, est placé entre le maître couple et l'étrave ; l'autre, appelé couple de balancement arrière, est situé entre le maître couple et l'étambot. Ces couples sont définis en même temps que le maître couple et définissent, dans leurs grandes lignes, les formes de la carène.

27 Marion Delhaye, « L'épave de Cavalaire, navire du xv^e : un exemple d'architecture navale composite », dans *Pour qui la Méditerranée au XXI^e siècle ? Navigation, échanges et environnement en Méditerranée, Actes du colloque 11-12 avril 1996*, Montpellier, Maison de l'environnement, 1998, p. 90-94.

28 Mathew Baker décrit au folio 16 des *Fragment of Ancient English Shipwrightry*, une méthode de conception d'origine vénitienne qui est, selon Baker, complètement ignorée des constructeurs anglais ; par ailleurs, un plan du folio 21 du même manuscrit, présente certaines caractéristiques indiquant une utilisation des lisses dans la conception des

indiquent que la règle du trébuchement était inconnue des charpentiers espagnols et anglais. En Espagne, il faut attendre le début du XVII^e siècle pour qu'elle soit attestée dans un document écrit²⁹. De même, le constructeur anglais Mathew Baker, qui a été le premier à démontrer, en Angleterre, la règle du trébuchement, décrit dans son manuscrit une méthode qu'il présente comme étant d'origine vénitienne, en précisant qu'aucun Anglais ne l'a encore comprise³⁰. L'étude de l'épave des Marinières nous offre l'opportunité de replacer les méthodes de conception et les procédés de construction dans un cadre plus général de l'histoire des techniques. Nous pourrions ainsi mieux comprendre l'évolution de l'architecture navale européenne et l'adaptation des charpentiers du littoral ponantais à une nouvelle culture technique.

MÉTHODOLOGIE DE LA FOUILLE

14

Afin d'organiser la fouille de l'épave des Marinières et de définir les méthodes d'analyse et d'étude de celle-ci, nous nous sommes tournés vers des études analogues, telle celle de l'épave de Red Bay au Canada. Fouillée par l'équipe de Park Canada sous la direction de Robert Grenier, elle a fait l'objet d'un démontage complet, chaque pièce étant répertoriée, puis remontée à la surface afin d'y être soigneusement étudiée, puis dessinée à l'échelle 1. Toutes les traces de fixations, d'outils et d'usures ont été relevées³¹. Grâce à ce travail minutieux, les chercheurs canadiens ont pu étudier en détail les méthodes de conception et les différentes phases de la construction du navire³². L'étude du clouage, par exemple, a permis de mettre en évidence la position des lisses sur la coque ainsi que leur rôle dans la conception des formes de carène.

formes de carène au lieu de gabarits : voir Michel Daeffler, *Formes de carène et navires de combat. L'invention du vaisseau de ligne en Angleterre (1560-1642)*, Caen, Centre de recherche d'histoire quantitative, 2004, p. 171-177.

29 Le trébuchement ou « joba » est mentionné pour la première fois, en Espagne, dans le texte de l'ordonnance de 1613 : voir Éric Rieth, *Le Maître gabarit, la tablette et le trébuchet...*, *op. cit.*, p. 124.

30 *Fragments of Ancient English Shipwrightry*, PL 2820, Magdalene College, Cambridge, f. 16.

31 Manuel Izaguirre, « La levée des plans du site et les enregistrements tridimensionnels des trois milles pièces du navire basque de Red Bay », dans *L'Aventure maritime, du golfe de Gascogne à Terre-Neuve*, Paris, CTHS, 1995, p. 125-135.

32 Brad Loewen, « Le baleinier basque de Red Bay, Labrador (XVI^e siècle). Étude du clouage dans les murailles de la coque », dans *L'Aventure maritime, du golfe de Gascogne à Terre-Neuve*, *op. cit.*, p. 145-157 ; *id.*, « The structures of Atlantic shipbuilding in the 16th century. An archaeological perspective », dans Francisco Alves, *International Symposium on Archaeology of Medieval and Modern Ships of Iberian-Atlantic Tradition*, Lisbonne, Instituto português de arqueologia, 2001, p. 241-258.

La problématique de recherche orientée sur l'étude architecturale de l'épave des Marinières a amené à organiser le chantier d'une manière particulière. Afin de pouvoir effectuer correctement les relevés de chaque pièce de la coque et de mener à bien toutes les observations de détail, nous avons choisi de démonter systématiquement l'épave et de dessiner chacune des pièces à terre, le milieu sous-marin ne permettant pas d'observer aussi finement tous les détails. La position du site archéologique, à proximité de la plage, a joué un rôle important dans le choix de la méthode de fouille, en facilitant les relevés à terre.

Après le dégagement de l'épave, chaque pièce est soigneusement référencée afin de pouvoir se repérer sur l'épave et savoir sa position exacte après le démontage. Par exemple, les éléments de la membrure sont nommés d'une lettre et d'un nombre. La première varangue de l'avant est appelée M20 et la dernière M59 afin de laisser « une marge » pour celles qui pourraient être encore découvertes. Les genoux sont désignés par GT pour le côté tribord, et GB pour le côté bâbord. Une planimétrie, relevé de l'ensemble de l'épave, est ensuite effectuée par Jean-Marie Gassend. Deux équipes sont alors constituées, l'une, au fond sur l'épave, est chargée des observations préliminaires, puis du démontage des pièces prévues avant la plongée. Chaque pièce est remontée puis prise en charge par la deuxième équipe, à terre. L'élément est soigneusement nettoyé et débarrassé des concrétions et du brai, qui sont prélevés pour analyse. Le but est de rendre le bois net afin d'observer son débitage et les traces d'outils. Ensuite, les observations de détail commencent : traces d'outils, repérage des clous, des chevilles, traces d'usure, étude du débitage. La pièce est alors relevée à l'échelle 1 sur un film plastique sur toutes ses faces avec tous les détails. Après les relevés, cette dernière est réimmergée dans une fosse, pour sa préservation.

Afin de pouvoir être exploité, chaque calque est ensuite réduit au 1/10^{ème}, puis numérisé, afin d'être utilisé informatiquement pour l'étude de l'épave.

DESCRIPTION DE L'ÉPAVE

La situation même de l'épave, naufragée dans peu d'eau, près du rivage, suggère un bâtiment échoué. La rade de Villefranche-sur-Mer, grande et profonde, pouvant abriter de nombreux navires, fut la base navale des ducs de Savoie, avec un arsenal des galères encore pratiquement intact. Cependant, par coup de vent du Sud, cette rade peut se transformer en un redoutable piège à bateau. Si l'ancre tient mal, le vent et la houle poussent le navire vers la côte et l'échouent sur les roches affleurant. Le bâtiment, une fois couché,

est perdu. C'est probablement ce qui s'est passé avec le navire des Marinières. La quille est brisée à 7 m environ de son extrémité arrière à proximité d'une roche émergeant du sable. La partie homogène des vestiges est constituée d'une portion de carène, conservée sur près de 18 m de long et 8,70 de large. Elle est orientée ouest-nord/ouest – est-sud/est (fig. 6).

L'épave est constituée principalement par le flanc tribord, conservé jusqu'au niveau d'un premier pont. Un fragment des œuvres mortes correspondant au départ des haubans a été découvert lors de la campagne de 1993. Le côté bâbord du navire a pratiquement disparu. Le flanc tribord est conservé d'un seul tenant sur une largeur de plus de 5 mètres, alors qu'à bâbord il n'est conservé que sur 1,5 mètre environ. L'épave est fracturée un peu au-dessus de la liaison varangue-genou, ce qui a permis son enfouissement dans le sédiment et sa conservation. La partie arrière de la coque a pratiquement disparu. Seule la partie basse des fourcats³³, associée aux quatre premières virures du bordé, a subsisté. La charpente transversale actuellement conservée se compose de 42 membrures. Chaque membre est constitué d'éléments à simple épaisseur assemblés latéralement. Elle comprend une varangue, fixée à la quille, un genou assemblé latéralement à la varangue et une allonge. Les varangues sont placées sur la quille de façon que chaque genou remplisse l'espace entre deux couples. La position du ou des maîtres couples peut être déduite de l'organisation de la membrure.

16

Le sens d'assemblage de la varangue avec ses genoux s'inverse dans la partie centrale de la coque, au niveau de 2 membrures baptisées M28 et M29. Cette inversion est caractéristique de la présence des deux maîtres couples. Deux membrures placées en arrière du maître couple sont entaillées de manière à former un évidement conique d'un diamètre maximum de 280 mm environ. Cet aménagement ne saurait correspondre au pied du grand mât dont l'implanture devait se situer dans la carlingue, mais plutôt à l'empreinte de la crépine d'une pompe. Cette caractéristique se retrouve sur plusieurs épaves ibériques du XVI^e siècle³⁴.

L'organisation de la membrure de l'épave des Marinières semble également avoir eu une influence sur le choix des bois. D'une manière générale, les bois employés pour la réalisation des genoux sont d'une moins bonne qualité que ceux utilisés pour les varangues. Les pièces, principalement vers les extrémités avant et arrière de la coque, sont grossièrement équarries et présentent

33 Le nom de fourcat est donné aux varangues de l'avant et de l'arrière car elles prennent la forme de fourches en raison des formes pincées de la carène.

34 M. Redknap, *The Cattewater Wreck, the Investigation of an Armed Vessel of the Early Sixteenth Century*, BAR British series 131, Greenwich, National Maritime Museum, 1984, p. 29-32.

de nombreux nœuds. Nous remarquons, d'autre part, des gélivures³⁵ importantes sur plusieurs genoux. Ces défauts indiquent une utilisation de bois de médiocre qualité pour la réalisation des flancs du navire, peut-être liée à des problèmes d'approvisionnement, à moins qu'il ne s'agisse d'un choix délibéré de sélectionner les meilleures pièces pour la charpente des fonds de la carène.

Le bordé

La liaison du bordé avec cette membrure est réalisée par des clous et des gournables. Il y a généralement 2 clous et une gournable par virure et par membre, à l'exception du ribord³⁶ où il y a 2 gournables par virure et par membre. La liaison des extrémités de bordage avec les membres est assurée par 3 clous. Les planches sont recouvertes d'une couche de brai à base de résine de pin donnant un aspect irrégulier sur la surface extérieure des virures. Leur épaisseur varie entre 60 et 65 mm. La râblure³⁷ présentant toujours le même angle de 90°, la forme doit évoluer afin de s'adapter à l'évolution des formes des fonds de la carène. L'épave des Marinières est entièrement construite à franc bord. Sur l'avant du navire, le premier élément du galbord³⁸, l'angle formé par sa face intérieure et le bord vertical de la quille, évolue constamment, passant de 137° à son extrémité avant à 116° à son extrémité arrière, située vers le centre du navire (fig. 7). La présence d'un galbord sculpté n'est pas spécifique à cette épave, nous le trouvons également sur plusieurs épaves du début du XVI^e siècle, telles le navire génois de Villefranche-sur-Mer³⁹, ou l'épave de Cattewater⁴⁰. La particularité de ce galbord est qu'il est cloué à la quille depuis la face extérieure à travers le can inférieur du galbord. La maille de ce clouage est très rapprochée, d'environ 15 à 18 cm. Ce galbord est également cloué, d'une manière plus ordinaire, contre la face latérale de la contre-quille. Cette pratique de clouer le galbord à la quille fait penser à une

35 « C'est une fente qu'on trouve à cœur de quelques chênes et qui règne d'un bout à l'autre du tronc de l'arbre. On nomme bois gélif le bois atteint de géliveure. On n'aperçoit ce défaut qu'après que le chêne est abattu car, tandis qu'il est sur pied, la géliveure ne donne au dehors aucune marque par où on puisse la connaître, à moins qu'elle ne soit considérable, en ce cas, l'arbre rend un son creux quand on le frappe au pied avec le dos d'une hache » : voir B. Ollivier, *Traité de construction 1736*, Nice, ANCRE, 1992, p. 202.

36 C'est le second bordage du fond, placé au-dessus du galbord.

37 La râblure est une rainure pratiquée sur les faces latérales de la quille dans laquelle les premières planches du bordage viennent s'encaster.

38 Le galbord est le premier bordage placé dans la râblure de la quille.

39 Max Guérout, Éric Rieth, Jean-Marie Gassend, *Le Navire génois de Villefranche*, Archæonautica 9, Paris, Éditions du CNRS, 1989, p. 60-63.

40 M. Redknap, *The Cattewater wreck...*, *op. cit.*, 1984, p. 96.

technique de construction de type « bordé premier ». Elle n'est pas unique à ce navire car une pratique analogue a pu être observée, notamment, sur l'épave de Cavalaire, datée du xv^e siècle⁴¹, ou sur celle de Villefranche-sur-Mer⁴². Il semble, de fait, que le galbord ait été fixé à la quille avant la mise en place des varangues. La courbure de leur face inférieure s'adapte à l'angle de la face supérieure du galbord⁴³. Cette liaison robuste entre le galbord, la quille et la contre-quille joue davantage un rôle structurel en renforçant la charpente axiale du navire. Les deux galbords, la quille et la contre-quille ainsi solidement assemblés en un massif cohérent s'apparenteraient davantage à la quille monoxyle de l'épave de Red Bay⁴⁴. Sur l'arrière, la fixation de l'élément terminal du galbord sur la contre-quille et la courbe d'étambot se fait uniquement par des clous de 10 à 11 mm de section, contrairement aux autres éléments du bordé (fig. 8). De par ses dimensions et sa forme, le galbord est une pièce essentielle de la structure axiale du navire, aussi sa fixation à la charpente est-elle renforcée. Il présente, dans sa partie courbe, une rainure permettant de maintenir le calfatage fait de fibres végétales. Les joints du galbord sont soigneusement recouverts de plomb. Ce dernier est vraisemblablement destiné à protéger le calfatage dans un endroit où le navire travaille et risque de « cracher son étoupe ». Cette précaution, assez coutumière, se trouve décrite dans un traité de construction navale français de la fin du xvii^e siècle : « À toutes les coutures des bouts des bordages au proche de l'étrave et au dessous des jottereaux, sera mis de petites plaques de plomb, comme le navire travaille beaucoup par son avant cela empêche les voies d'eau qui peuvent venir... »⁴⁵.

Les traces d'outils

Bien que certaines pièces de charpente soient en assez mauvais état, des traces d'outils ont pu être observées (fig. 9). Des traces de scie sont observables sur les faces de droit, comme sur M42. Nous trouvons également des traces de scie en V sur la base du fourcat M44. Des traces rappelant celles laissées par

41 Je remercie Marion Delahaye, directrice de fouille de cette épave, pour la communication de cette information. Par ses caractéristiques, l'épave de Cavalaire pourrait être d'origine basque.

42 Max Guérout et al., *Le Navire génois de Villefranche*, op. cit., p. 60-63.

43 Cette pratique, s'apparentant à une technique « bordé premier », ne doit pas faire illusion : la forme des fonds de la carène est définie par celle des varangues, comme nous le verrons plus loin.

44 Cette épave est celle d'un navire baleinier basque, présumé être le *San Juan* naufragé en 1565 : voir J. Richard Steffy, *Wooden Shipbuilding...*, op. cit., p. 138-140.

45 François Coulomb, *Connaissance de toutes les pièces qui entrent à la construction d'un vaisseau*, 1688, Archives nationales, Fonds Marine, D1-61, f. 27.

une herminette à fer plat ou une hache sont observables sur la face inférieure de certaines varangues et les faces de droits de certaines membrures, comme sur GT15 et surtout GT44. Sur la face inférieure du genou GT44, une erreur probable dans le positionnement d'un trou de gournable, et par conséquent inachevé, nous a laissé une marque de tarière.

Sur le dernier élément du galbord, la face extérieure de ce bordé a été dressée avec une herminette à fer courbe. Cette manière d'aplanir le galbord permet de lisser et de coucher les fibres du bois coupé par le sciage, rendant celui-ci plus imperméable à l'eau.

ANALYSE DES ÉLÉMENTS CONSTITUTIFS DE LA CARÈNE

La charpente

1 – La charpente axiale

La charpente axiale est constituée par un ensemble complexe de plusieurs pièces. La quille et la contre-quille sont composées de deux virures, ou assemblage de planches placées l'une au-dessus de l'autre. Si la quille a une largeur de 26 cm au milieu, la contre-quille, placée au-dessus, n'en a que 24 cm. Cette différence de largeur entre les deux pièces constitue un épaulement faisant office de râblure, dans laquelle vient se placer le galbord (fig. 10). La quille et la contre-quille sont principalement assemblées par les chevilles fixant les varangues à la quille. La quille se termine sur l'arrière du navire par une pièce en équerre faisant la jonction avec l'étambot (fig. 11). Cette pièce particulière se retrouve dans plusieurs traditions. En Méditerranée, elle est appelée « rode de poupe », et se trouve décrite, notamment, dans plusieurs traités de construction de galères⁴⁶. Représentative de cette tradition, l'épave Calvi I, reste d'un navire de commerce de la fin du XVI^e ou du début du XVII^e siècle, présente une pièce similaire⁴⁷ (fig. 12). Cette pièce de quille est également employée dans la construction navale médiévale de l'Europe du Nord. La cogue de Brême datée de 1380⁴⁸, ainsi que plusieurs autres épaves de cogue des XIII^e et XIV^e siècles, retrouvées en Hollande⁴⁹, présentent une pièce similaire assurant la jonction entre la quille et l'étambot. Enfin, nous

46 *Un manuel de construction des galères 1691*, publié par Jan Fennis, Amsterdam, Holland University Press, 1983, p. 35-36 et 313.

47 Pierre Villie, « L'épave Calvi I », art. cit., p. 98-99

48 Werner Lahn, *Die Kogge von Bremen*, Hamburg, Kabel, 1992, p. 29.

49 Reinder Reinders, *Cog finds from the IJsselmeerpolders*, Flevovericht n° 248, Lelystad, R. IJ. P., 1989, p. 15-16.

retrouvons cette pièce sur plusieurs épaves ibériques des xv^e et xvi^e siècles, telle que l'épave de Red Bay, naufragée en 1565 au Labrador⁵⁰. La présence d'une pièce semblable dans plusieurs traditions architecturales s'explique par la nécessité d'assurer une solide liaison entre la quille et l'étambot.

L'étambot est renforcé à l'intérieur de la coque par un contre-étambot. Ce dernier présente un épaulement le long de sa face arrière, formant la râblure contre laquelle viennent buter les planches du bordé. Cette forme particulière de râblure rappelle la forme du capion de poupe, équivalent de l'étambot dans la charpente des galères⁵¹. La présence de bordés courbes pour fermer l'arrière de la coque a peut-être imposé des solutions similaires. Une telle forme permet de mieux recevoir et assure un meilleur appui pour des bordés courbes.

20 Le contre-étambot repose sur la contre-quille et s'appuie contre la branche verticale de la courbe d'étambot. Sa face arrière forme un angle de 77° avec la base de la quille. Son épaisseur est de 280 mm et sa largeur de 220 mm. Cette quille de l'étambot est très voisine de celle présentée dans un manuscrit vénitien du xv^e siècle⁵², égale à 76°,4, ou des 77°,5 indiqués dans un traité portugais de la seconde moitié du xvi^e siècle⁵³.

La liaison de la quille avec le contre-étambot et l'étambot est assurée par une puissante courbe d'étambot. Cette structure se retrouve également dans les constructions navales méditerranéennes et ibériques, notamment sur l'épave portugaise de Corpo Santo datée de la fin du xv^e siècle⁵⁴.

2 – Varangues

L'observation de l'assemblage des éléments composant la membrure permet de différencier deux sous-ensembles principaux (fig. 13). Dans la partie centrale de la coque, la liaison des varangues avec leurs genoux est obtenue au moyen d'un assemblage à queue d'aronde : un tenon trapézoïdal, pratiqué

50 Robert Grenier, « The basque whaling ship from Red Bay, Labrador ; a treasure trove of data on iberian atlantic shipbuilding design and techniques in the mid-16th century », dans *International Symposium on Archaeology of Medieval and Modern Ships of Iberian-Atlantic Tradition*, op. cit., p. 283.

51 Michel Daeffler, *Du traité manuscrit au plan de formes : restitution graphique d'une galère française (1685-1690)...*, op. cit., p. 101-104.

52 Sergio Bellabarba, « The square-rigged ship of the *Fabrica di galere* manuscript », dans *The Mariner's Mirror* n° 74, 1988, p. 114.

53 Fernando Oliveira, *O livro da fabrica das naus*, Lisbonne, Academia de Marinha, 1991, p. 171.

54 Francisco Alves, Éric Rieth, Paulo Rodrigues, « The remains of a 14th century shipwreck at Corpo Santo and of a shipyard at Praça do Município, Lisbon, Portugal », dans *International Symposium on Archaeology of Medieval and Modern Ships of Iberian-Atlantic Tradition*, op. cit., p. 409.

dans la varangue, s'emboîte dans une mortaise de même forme taillée dans le genou (fig. 14). À partir d'un couple (M42), situé à 7,50 m de l'extrémité arrière de la quille, aucun assemblage entre la varangue et les genoux n'a pu être observé. D'autre part, jusqu'au couple M41, la liaison entre chaque varangue et ses genoux est obtenue par trois chevilles de bois, ou gournables. Il semble qu'elles aient été enfoncées de la varangue vers le genou, la tête se trouvant du côté de la varangue. Nous remarquons des entailles triangulaires ou rectangulaires d'une profondeur de 10 mm environ, faites sur la face avant de plusieurs varangues, au niveau des gournables. De telles entailles ont également été observées sur l'épave de Red Bay. Leur rôle était, semble-t-il, de guider le perceur lors de la réalisation des trous pour les gournables. Au-delà du couple M41, les genoux ne sont plus fixés aux fourcats. L'extrémité des varangues présente une encoche sur la moitié de la largeur. Un clou carré de section carrée y est enfoncé à pointe perdue dans le genou. La faible section de ce clou ne lui permet pas d'effectuer une liaison solide entre la varangue et le genou. Il devait plutôt servir à maintenir la varangue et le genou en cohésion, le temps de percer ces deux pièces et de passer les trois gournables. Une disposition similaire est observable sur plusieurs épaves d'origine ibérique du XVI^e siècle, telles celles de Highborn Cay ou de Red Bay⁵⁵.

Cette rupture dans l'assemblage varangue – genou est importante, car elle indique un changement dans la méthode de conception et les phases de construction. Cette organisation de la membrure rappelle, dans une certaine mesure, les méthodes de conception méditerranéennes. Le fait que les varangues et les genoux sont assemblés et chevillés ensemble constitue l'indice d'une prédétermination de leur forme, avant leur chevillage sur la quille. Cet assemblage à queue d'aronde correspond à une volonté du constructeur d'éviter tout glissement du genou par rapport à la varangue. Dans la tradition méditerranéenne, les charpentiers faisaient appel à des gabarits et à diverses tablettes pour ce tracé⁵⁶. L'usage des gabarits était restreint à une zone centrale de la coque délimitée par deux membrures particulières, appelées couples de balancement avant et arrière. Au-delà, des lisses étaient employées pour la conception des formes de la carène. L'assemblage en queue d'aronde n'était alors plus employé, les genoux étant simplement cloués aux fourcats. Sur l'épave génoise de Villefranche-sur-Mer, datée du tout début du XVI^e siècle, les genoux situés à l'extérieur de cette zone centrale ne sont plus fixés aux varangues⁵⁷.

55 J. Richard Steffy, *Wooden Shipbuilding and the Interpretation of Shipwrecks*, op. cit., p. 131-132 et 141.

56 *Un manuel de construction des galères 1691*, op. cit., p. 7-34.

57 Max Guérout et al., *Le Navire génois de Villefranche*, op. cit., p. 43.

Dans le cas de notre épave, le changement apparaît plus profond avec l'absence d'assemblage et de chevillage entre les genoux et les varangues, le membre 41 associé à ce changement correspondant très probablement au couple de balancement arrière. La morphologie de l'assemblage des varangues et des genoux est très particulière : elle se fait au moyen d'une double endenture à queue d'aronde (fig. 15). La longueur de cet assemblage varie de 900 à 1400 mm. Cette caractéristique est remarquable car, sur la plupart des épaves ponantaises des xv^e et xvi^e siècles, cette endenture est simple⁵⁸ (fig. 16). Toutefois, la présence d'une double endenture entre les varangues et les genoux est également attestée sur deux autres épaves : celle d'un grand navire portugais du début du xvii^e siècle⁵⁹, et l'épave génoise de Villefranche-sur-Mer⁶⁰.

Jusqu'au couple de balancement, les varangues sont, dans l'ensemble, fixées à la quille au moyen de broches métalliques de section carrée de 25 mm de côté environ. Certaines d'entre elles, dépassant d'une dizaine de centimètres la face supérieure des varangues, devaient à l'origine fixer la carlingue sur le dos des varangues. Le chevillage de ces varangues n'est pas continu, car certaines ne présentent aucune trace de fixation à la quille : M15, M20, M22, M25, M35 et M39 (fig. 17). D'autre part, la varangue M34 est fixée à la quille au moyen d'un simple clou. Toutefois, des traces de chevillage observées sur quille semblent indiquer que cette absence de brochage sur les varangues correspond davantage à des réparations ultérieures qu'à une volonté délibérée du concepteur. Au-delà du couple de balancement (M41), certains fourcats M45 et M53 sont encore fixés à la quille au moyen d'une broche métallique (M45 et M53), tandis que d'autres le sont par un simple clou (M47, M51 et M53). La fixation de quelques fourcats à la structure axiale correspond fort probablement à un choix délibéré du constructeur. Une hypothèse peut être formulée : après avoir fixé les varangues avec leurs genoux sur la quille, le charpentier place la première lisse de fond, puis, à l'aide de cette lisse, il définit la forme des fourcats M45, M47, M51, M53 et M58, qui sont fixés à la quille et à la courbe d'étambot ; une deuxième lisse est placée au niveau de la tête des genoux ; les genoux de revers correspondant aux fourcats précédents sont réalisés et fixés aux lisses.

58 Robert Grenier, « The basque whaling ship from Red Gay, Labrador... », art. cit., p. 277 ; Gordon P. Watts Jr, « The Western Ledge Reef Wreck : a preliminary report on investigation of the remains of a 16th century shipwreck in Bermuda », *International Journal of Nautical Archaeology*, vol. 22, n° 2, mai 1993, p. 112.

59 Filipe Vieira de Castro, *The Pepper Wreck, a Portuguese Indiaman at the Mouth of the Tagus River*, College Station, Texas A&M University Press, 2005, p. 112-118.

60 Max Guérout et al., *Le Navire génois de Villefranche*, op. cit., p. 44-45.

Cette méthode est très voisine de celle présentée dans divers traités méditerranéens de la fin du XVII^e siècle. Un traité français de construction d'une galère (daté des années 1690) précise que les fourcats sont fixés temporairement à la contre-rose au moyen d'un clou :

Cela étant fait, on oste la pièce et on la raporte sur le chantier, où on la trace avec le gabaris de la manière qu'il a été dit dans la première partie. Puis étant façonnée sur ledit gabaris, on l'enduit de bray et on la raporte à sa même place, où on l'areste avec 3 clouds, scavoir d'un chassé de biais par le pied du côté de l'estelle et d'un à chaque forme...⁶¹

Cette fixation préalable s'observe notamment sur le fourcat M58, sur lequel une entaille a été réalisée dans sa partie basse, sur sa face tribord, afin de pouvoir enfoncer un clou de biais. La mise en place préalable de quelques fourcats se trouve également décrite dans l'album dit « de Colbert »⁶², et dans la « Démonstration de toutes les pièces de bois, cloux, et ferremens qui entrent dans la construction d'une galère ordinaire de 25 et 26 bancs »⁶³. Cette rupture dans le chevillage coïncide avec la disparition de l'assemblage à queue d'aronde entre les varangues et les genoux. Cela confirme notre hypothèse du couple de balancement arrière au niveau de M41, qui délimite la zone des varangues et des fourcats.

Nous observons la présence d'une broche métallique, probablement destinée à la fixation de la carlingue, sur la face supérieure du fourcat M42. L'absence de broche axiale observée sur la face supérieure des autres fourcats indique que la carlingue ne devait pas s'étendre au-delà de M42. À partir de M45, la base des fourcats est traversée par une gournable, placée transversalement et arasée au ras de la pièce (fig. 18). Les fourcats M48, M51, M52 et M55 font exception à cette règle. La raison de la présence de cette gournable n'est pas, pour le moment, expliquée. Elle pourrait être liée à une phase de la construction du navire. Ce détail architectural n'était jusqu'à présent connu que sur l'épave basque de Red Bay⁶⁴.

3 – Les genoux

Dans l'ensemble, l'échantillonnage des genoux est identique à celui des varangues. Nous trouvons également, à leur extrémité inférieure, une encoche percée par un clou dont la pointe se perd dans la varangue. Cette préfixation complète celle observée sur la varangue pour le perçage des trous de gournable.

61 Jan Fennis *Un manuel de construction des galères, op. cit.*, p. 53.

62 SH 140, Service historique de la Marine, Vincennes.

63 SH 135, Service historique de la Marine, Vincennes.

64 Je remercie M. Éric Rieth pour cette information, qu'il m'a aimablement communiquée.

Par contre, il n'existe pas de d'assemblage entre les allonges et les genoux, car aucune trace de clouage ou de chevillage n'a été observée. Cette absence de liaison entre les allonges et les genoux contraste avec l'assemblage entre les varangues et les genoux observé jusqu'au couple de balancement arrière. Cela correspond, fort probablement, à un changement des méthodes de conception des formes de carène. Les genoux sont assemblés aux varangues au moyen de trois gournables, et leur position par rapport aux varangues est « verrouillée » par une empature à queue d'aronde.

24

Les genoux présentent la particularité de s'incliner progressivement vers l'arrière. Cette inclinaison est de 5° au couple de balancement arrière M41, et atteint la valeur maximum de 9° au couple M43. L'inclinaison du genou GT44 est plus faible, de l'ordre de 6°, ce qui a pour conséquence que les extrémités supérieures des genoux GT43 et GT44 se rejoignent presque, ne laissant aucune place pour une allonge. Au delà de GT44, les genoux restent sensiblement inclinés vers l'arrière de 5°. Vers l'avant, les genoux s'inclinent également vers l'arrière à partir du couple M25. L'angle maximum est de 7°,5. Deux hypothèses peuvent être formulées sur cette ouverture. Tout d'abord, il peut s'agir d'une correction de la diminution des fonds de la carène par un basculement progressif de la membrure vers l'arrière. On regagne ainsi un peu de volume de carène, donnant un meilleur appui latéral sous voiles. Cette ouverture peut être également le résultat de la déformation de la coque vers l'arrière. L'épave des Marinières n'est pas le seul bâtiment à présenter cette particularité, telles les grandes barques du Léman, dont les méthodes de conception et les techniques de construction sont d'origine méditerranéenne⁶⁵. Toutefois, ces barques présentent la particularité d'avoir uniquement leur membrure centrale placée verticalement sur la quille. Les membres de l'avant et de l'arrière de la coque présentent un basculement progressif respectivement vers l'étrave et vers l'étambot. La largeur au niveau du pont est dès lors augmentée, ce qui améliore la stabilité et donne un meilleur appui latéral pendant la navigation sous voile⁶⁶. Ce basculement vers l'arrière peut être assimilable à une forme de « trébuchement », bien que l'élargissement de la coque soit assez modeste. Le deuxième exemple, qu'il convient de citer, est celui de l'épave de Red Bay, au Labrador. Vestige d'un navire baleinier basque naufragé vers le milieu du XVI^e siècle, cette épave présente également ce « trébuchement » particulier. Sur ce navire, tous les

65 Gérard Cornaz, *Les Barques du Léman*, Genève, Éditions Slatkine, 1998, p. 11-40.

66 Paul Bloesch, « Moulds, rising boards and bevel boards, the wooden memory of the shipyard of Le Locum, Lake Geneva », dans Carlo Beltrame, *Boats, Ships and Shipyards, proceedings of the Ninth International symposium on boat and ship archaeology, Venice 2000*, Oxford, Oxbow books, 2003, p. 144-151.

couples sont dévoyés vers l'avant ou vers l'arrière, depuis l'étrave jusqu'à l'étambot⁶⁷.

4 – Méthode de conception du navire des Marinières

Ces premières observations, nous permettent d'avancer que la forme des varangues et des genoux, en avant du couple de balancement (M41), est obtenue au moyen d'instruments de tracé, c'est-à-dire des gabarits et des tablettes d'acculement tels qu'ils sont décrits dans les traités d'architecture navale du XVI^e et du XVII^e siècles. Cette méthode de tracer découle d'un procédé de construction de type « charpente première » d'origine méditerranéenne, la forme des membres étant définie avant leur mise en place sur la quille. La forme des allonges procéderait d'une logique totalement différente, s'apparentant à une méthode de conception de type « bordé premier ». Après la fixation des varangues et des genoux sur la quille, des lisses ou des éléments du bordé sont fixés sur cette membrure. Quelques allonges sont alors fixées sur les lisses ou les virures de bordé, puis d'autres lisses sont fixées sur ces éléments de la membrure, permettant ainsi de définir la forme des autres allonges.

ÉTUDE D'UNE NEF DU XV^e SIÈCLE

Recherche des gabarits

L'usage de gabarits pour le tracé d'une partie de la membrure étant établi, nous pouvons tenter de les reconstituer afin de valider cette hypothèse. Ce travail est effectué sur ordinateur, permettant de réaliser un gabarit « virtuel », puis de le manipuler et de le placer sur le relevé de chaque varangue. Nous pouvons ainsi vérifier l'emploi de cet « instrument » pour le tracé d'une partie de la membrure.

L'étude du tracé des membrures à l'aide de gabarits ne peut être entreprise que pour les varangues et les genoux. L'état fragmentaire des allonges ne permet pas d'entreprendre la moindre étude de ce type sur ces derniers. Si des gabarits ont été employés pour le tracé des membrures, ces derniers peuvent être déduits à partir du tracé du maître couple. En principe, les varangues étant tracées à l'aide d'un même gabarit, leur forme devrait reprendre le contour extérieur de la varangue du maître couple. Le profil de ce gabarit est facilement obtenu à partir de la maîtresse varangue (M28). Afin de

67 Brad Loewen, « Le baleinier basque de Red Bay (XVI^e siècle). Étude du clouage... », art. cit., p. 145-158.

rechercher l'usage d'un gabarit dans la conception des formes de la carène, cet « instrument » est ensuite placé sur le dessin des varangues de M20 à M41. Nous observons une bonne concordance des tracés jusqu'à la membrure M40 (fig. 19). Les varangues présentent un acculement et une diminution de leur longueur. Par contre, la varangue du couple de balancement (M41), présentant un acculement très prononcé, ne suit pas exactement le contour du gabarit.

L'étude du tracé des genoux par un gabarit est moins probante. Si certains d'entre eux présentent une bonne concordance avec notre gabarit virtuel, d'autres, par contre, s'en écartent (fig. 20). Toutefois, ces pièces sont en général brisées au niveau de leur liaison avec les varangues et ont subi des déformations. Il faudra donc une étude ultérieure, après la remise en forme de l'épave, pour confirmer ou infirmer cette hypothèse du gabariage.

La mise en place de la membrure

Dès lors, nous pouvons proposer les premières conclusions concernant les principales étapes de la construction de notre navire (fig. 21) :

- Tout d'abord, la quille, la contre-quille et probablement l'étrave, l'étambot avec la courbe d'étambot sont mis en place et assemblés.
- Les éléments du galbord sont cloués sur la quille et la contre-quille.
- Les varangues et leurs genoux sont tracés à l'aide des gabarits. Cette étape de la construction ne concerne que les membres situés entre les couples de balancement.
- Les genoux sont chevillés sur les extrémités des varangues.
- Les varangues avec leurs genoux sont mis en place sur la contre-quille.
- Des lisses sont placées sur cette charpente, permettant de définir la forme des « façons » de l'avant et de l'arrière.
- Quelques fourcats (M45, M47, M51, M53 et M58) sont alors réalisés et fixés à la contre quille.

La mise en place des allonges semble plus hypothétique. Aucune trace de fixation aux genoux n'a pu être observée. La forme de celles-ci a dû être obtenue au moyen de lisses. Toutefois, afin de pouvoir disposer ce réseau, certaines allonges particulières ont dû être mises en place avant toutes les autres. Pour cela, des lisses ou des éléments du bordé ont d'abord été chevillés aux genoux. Quelques allonges, probablement celles des maîtres et des couples de balancement, ont été fixées à ces lisses. À ce stade, des pratiques de type « bordé premier » ont pu être mises en œuvre⁶⁸.

⁶⁸ Aucun indice n'a pu être observé pour étayer cette hypothèse. Nous nous sommes inspiré essentiellement de l'étude de l'épave de Red Bay : voir Basil Greenhill et John Morrison, *The Archaeology of Boats and Ships, an Introduction*, Londres, Conway Maritime Press, 1995, p. 265.

L'épave des Marinières : un navire entre deux traditions

Afin de mieux situer les méthodes de conception et les techniques de construction employées sur le navire des Marinières dans l'histoire de l'architecture navale, nous confrontons ses caractéristiques avec celles en usage dans l'Europe du ^{xiv}^e siècle⁶⁹.

Afin de distinguer cette nouvelle technique qui se développe dans l'arc atlantique durant le ^{xv}^e siècle, de l'ancienne tradition du clins et de celle d'origine méditerranéenne, des archéologues ont développé le concept de tradition ibéro-atlantique⁷⁰. Sur les douze caractéristiques définissant cette innovation, cinq sont observables sur l'épave des Marinières :

1. les genoux sont assemblés aux varangues par des mortaises trapézoïdales et chevillés par des gournables ;
2. les planches du bordé sont fixées aux membrures par des gournables et des clous ;
3. l'extrémité arrière de la quille comporte une branche verticale pour s'assembler à l'étambot ;
4. une forte courbe d'étambot est placée sur ce dernier élément de la quille ; sur l'épave des Marinières, cette courbe d'étambot est placée sur la contre-quille ;
5. Le galbord est sculpté dans une planche très épaisse.

Les particularités de la carlingue et de l'emplature du grand mât n'ont pu être observées car ceux-ci avaient disparu.

Cependant, certaines caractéristiques de l'épave des Marinières se retrouvent également dans des exemples de la tradition méditerranéenne, telle l'épave Calvi I datée de la fin du ^{xvi}^e ou du début du ^{xvii}^e siècle. Ce navire est en quelque sorte un cas d'école. Il a été construit à franc-bord avec des procédés de construction qui sont de type « charpente première ». Entre les couples de balancement, toutes les membrures sont tracées à l'aide de gabarits, depuis les varangues jusqu'aux allonges⁷¹. Une méthode de trébuchement a pu être mise en évidence sur ses membrures. Le constructeur du navire de Calvi I a même étendu l'usage des gabarits au-delà du couple du balancement arrière. Dans cette partie arrière, certains couples sont tracés à l'aide de gabarits et d'autres à l'aide de lisses⁷². L'extrémité arrière de la quille se termine par une branche

⁶⁹ Le navire des Marinières étant construit à franc-bord, nous excluons de cette étude la construction à clins, encore en usage dans l'Europe de l'Ouest et du Nord-Ouest.

⁷⁰ Thomas Oertling, « The concept of the Atlantic vessel », dans *International Symposium on Archaeology of Medieval and Modern Ships of Iberian-Atlantic Tradition*, op. cit., p. 233-240.

⁷¹ Michel Daeffler, *Étude des méthodes...*, op. cit., p. 75-110.

⁷² *Ibid.*, p. 109-142.

verticale sur laquelle s'assemble l'étambot⁷³. Une forte courbe d'étambot est placée sur cette extrémité de la quille et fait la liaison entre cette dernière et l'étambot.

Le navire des Marinières présente des caractéristiques communes à deux traditions : celle d'origine méditerranéenne, et celle dite « ibéro-atlantique » (tab. 3). À l'exception des allonges, l'organisation de la membrure est similaire à ces écoles de construction, de même que les méthodes de conception faisant appel à des gabarits. De ce point de vue, le navire des Marinières s'inscrit dans la tradition méditerranéenne. En revanche, l'usage des gournables pour la fixation du bordé aux couples et l'assemblage des genoux aux varangues correspond à la technique de construction ponantaise.

28

La méthode de conception des formes de la carène employée pour le navire des Marinières et, d'une façon plus générale, sur les bâtiments de tradition dite « atlantique », semble en fait être une pratique méditerranéenne partiellement assimilée. Cette règle du trébuchement, que ne semblent pas connaître ces constructeurs ponantais, paraît être entourée d'un mystère soigneusement entretenu par les charpentiers méditerranéens :

Quoique le titre de ce chapitre explique assez ce que l'on entend par le mot de trebuchet, je croy qu'il est nécessaire d'en donner une plus grande connoissance et, apres avoir averti que c'est proprement le coup de maistre dont les constructeurs font le plus de mistere⁷⁴...

Réalisation et étude d'un modèle numérique des formes de carène

Dès le début de la préparation du projet, l'École d'architecture de Nantes fut associée aux fouilles et à l'étude de l'épave⁷⁵. Lors de chaque campagne, de 1997 à 2000, un étudiant de cette école participa aux relevés de l'épave afin de les numériser pour la réalisation d'un modèle numérique des formes de la carène et de la charpente. Une première reconstitution des formes de carène a été tentée dès 1997, à partir des plans de Jean-Marie Gassend et des relevés de cette campagne⁷⁶. Des hypothèses concernant les éléments disparus ont dû être émises. Vers l'avant, la carène, plus ample qu'en arrière

73 Pierre Villie, « L'épave Calvi I », *op. cit.*, 1990, p. 98-99.

74 *Un manuel de construction des galères 1691*, *op. cit.*, p. 11.

75 Je remercie M. Moisan, directeur de l'École d'architecture de Nantes, et M. Philippe Thome, architecte et enseignant de l'école, pour leur aide sans laquelle ce projet commun n'aurait pu être entrepris.

76 Cette étude a été entreprise par Vincent Jaricot, dans le cadre d'un stage dans le cadre de la formation du CEAAN à l'École d'architecture de Nantes.

du maître couple, impose un élancement d'étrave important afin de refermer correctement la coque. Nous avons choisi un élancement correspondant au tiers de la longueur de quille, conformément aux dimensions fournies par les traités vénitiens du xv^e siècle⁷⁷. Après la remise en forme des couples relevés, le lissage des formes par ordinateur a permis d'aboutir à une carène en 3 dimensions⁷⁸. Nous avons ainsi abouti à un modèle d'étude plausible sur les plans architectural et historique⁷⁹. Cette restitution tridimensionnelle n'est pas définitive et représente une étape dans l'étude de l'épave. Elle constitue cependant une première base de travail à partir de laquelle nous pouvons entamer l'analyse de celle-ci (fig. 22).

Nous avons choisi de mener cette étude en considérant trois chargements différents aboutissant à des tirants d'eau de 3 m, 3,5 m et 4 m. Ces valeurs ont été choisies par rapport à d'autres études effectuées sur des navires de taille similaire du xvi^e siècle⁸⁰.

La coque ainsi reconstituée présente les dimensions suivantes :

- longueur quille : 18 m ;
- longueur de l'étrave à l'étambot : 25 m ;
- largeur : 8,45 m ;
- hauteur du premier pont : 2,07 m.

Nous commencerons par présenter les caractéristiques hydrostatiques de la carène. Celles-ci permettent de faire des comparaisons avec d'autres navires, à l'aide de plusieurs coefficients : le coefficient prismatique (CP)⁸¹, le coefficient bloc (CB)⁸² et le coefficient de finesse (Ψ)⁸³.

77 Sergio Bellabarba, « The square-rigged ship... », art. cit., p. 116 ; R. C. Anderson, « Italian naval architecture about 1445 », *The Mariner's Mirror*, vol. 11, n° 2, Society for nautical research, 1995, p. 152.

78 Nous avons donné un arrière plat à notre reconstitution en étant conscient qu'il ne correspond pas à la réalité historique, d'autant plus que lors de la campagne 2000, nous avons retrouvé un bordé courbe, indice d'un arrière rond. Cette première hypothèse a permis de simplifier le travail de reconstitution des formes de carène sans trop modifier les caractéristiques hydrostatiques et les calculs de stabilité.

79 Vincent Jaricot, *Reconstitution de l'épave « des Marinières »*, mémoire multigraphié de stage de fin d'études, CEAAN, 1997.

80 Michel Daeffler, *Formes de carène et navires de combat...*, op. cit., p. 193-194 ; *id.*, « Portrait d'une victime : la "nave" de commerce méditerranéenne du xvi^e siècle », dans *Course, corsaires et forbans en Méditerranée*, (actes du colloque à paraître).

81 Le coefficient prismatique est le rapport entre le volume de la carène et celui d'un cylindre ayant même longueur, et comme section, celle du maître couple.

82 Le coefficient bloc est le rapport entre le volume immergé et le parallélogramme circonscrit à la flottaison.

83 Le coefficient de finesse correspond au rapport entre la longueur de la flottaison et la racine cubique du déplacement.

Tableau 1
Caractéristiques hydrostatiques de l'épave des Marinières

Tirant d'eau	Déplacement	CP	CB	Ψ
3 m	235 t	0,641	0,448	3,79
3,5 m	307 t	0,661	0,466	3,53
4 m	396 t	0,676	0,482	3,32

Le tirant d'eau de 3 m correspond plus vraisemblablement à une configuration « à lège » du navire. Pour les hauteurs de flottaison de 3,5 m et 4 m, les coefficients sont proches de ceux observés pour des navires de commerce du XVI^e siècle (tab. 2). Le coefficient de finesse (Ψ) est dans les deux cas assez élevé, indiquant un bâtiment assez manœuvrant.

Tableau 2
Caractéristiques hydrostatiques de navires des XVI^e et XVII^e siècles

Navire	Tirant d'eau	CP	CB	Ψ
Épave Calvi I (fin XVI ^e siècle)	4 m	0,666	0,462	3,33
García de Palacio (1587) ⁸⁴	4 m	0,621	0,553	3,12
Mathew Baker, navire f. 21 (vers 1580)	4,19 m	0,67	0,48	3,5
Vaisseau de guerre anglais (vers 1620)	4,45 m	0,69	0,5	4

30

La stabilité du navire des Marinières diminue au fur et à mesure de l'augmentation du tirant d'eau, tout en restant, cependant, positive (fig. 23). Elle devient toutefois très faible dès que la hauteur de la flottaison atteint 4 m. Cette valeur pourrait correspondre à une limite de chargement du navire au-delà de laquelle le bâtiment devient dangereux. Par comparaison avec l'épave Calvi I et le navire de Baker (tab. 2), il est vraisemblable que le tirant d'eau dans une « utilisation normale » devait plutôt se situer entre 3,50 m et 4 m. Ces calculs de stabilité ont été effectués en plaçant le centre de gravité au niveau de la flottaison. Cela signifie que, pour accepter une forte augmentation de charge, il conviendra de la placer le plus bas possible, de manière que le centre de gravité descende sous la flottaison. Dans une telle configuration, le tirant d'eau pourrait atteindre sans danger les 4 mètres fatidiques.

⁸⁴ René Bulet et Éric Rieth, « Essai de restitution d'une carène d'un bâtiment de 400 toneladas, d'après Diego García de Palacio (1587) », *Histoire et mesure*, 1988, III-4, p. 463-489.

CONCLUSION

Le navire des Marinières présente des caractéristiques appartenant aux traditions architecturales méditerranéennes et ponantaises. La charpente massive est similaire à celle observée sur des épaves ibériques. Toutefois, certains détails d'assemblage, tel l'écart en forme de queue d'aronde, entre les varangues et les genoux, se retrouvent dans les deux traditions. Si les méthodes de conception employées sur les épaves des Marinières et de Calvi I procèdent d'une logique commune, elles présentent cependant des différences⁸⁵. Il semble que le constructeur du navire des Marinières se soit servi d'une méthode de conception d'origine méditerranéenne, mais de façon partielle, se limitant uniquement aux varangues et aux genoux, et n'employant probablement pas la règle du trébuchement. La conception des façons de l'arrière, avec la réalisation et la mise en place de certains fourcats avant le reste des couples de l'arrière, se rapproche également de pratiques méditerranéennes. L'usage des lisses, adopté pour la conception d'une partie des œuvres vives, employé aux extrémités avant et arrière du navire, est également d'origine méditerranéenne. En revanche, les allonges flottantes, simplement posées entre les genoux, se rapprochent de la manière de disposer les allonges observées sur l'épave de Red Bay, présumée être un baleinier basque.

Les constructeurs ponantais, possédant toujours la connaissance du clins, ont parfaitement su en tirer le meilleur parti, en l'adaptant à une construction à franc-bord, afin de dépasser leur méconnaissance de certaines règles de conception méditerranéenne. L'étude de ces épaves de tradition « atlantique » nous montre comment ces constructeurs ponantais sont parvenus à adopter une culture technique étrangère, puis à l'assimiler, en y incluant des procédés particuliers de leur propre savoir, aboutissant à une synthèse originale que nous commençons à comprendre.

85 Sur ces deux navires, les varangues sont tracées à l'aide d'un gabarit et d'une tablette d'acculement ; seule la membrure de l'épave Calvi I est gabariée depuis les varangues jusqu'aux allonges.

ANNEXES

Rapports de fouilles et études archéologiques

Les rapports de fouille, présentés ci-dessous, décrivent les travaux accomplis, lors de chaque campagne de fouille, ainsi que les premières analyses des vestiges. Ces documents nous ont fourni une bonne part des données nécessaires à cet article. Le Département des Recherches archéologiques subaquatiques et sous-marines (ministère de la Culture et de la Communication) publie, chaque année, un bilan scientifique présentant les travaux et les recherches archéologiques dans le domaine public maritime et dans les eaux intérieures. Plusieurs petits articles consacrés aux épaves de Cavalaire et des Marinières ont été publiés dans ces bilans.

Michel **DAEFFLER**, *L'Épave des Marinières, rapport de fouille*, Mémoire multigraphié, 1997.

32 Michel **DAEFFLER**, *L'Épave des Marinières, rapport de fouille*, Mémoire multigraphié, 1998.

Michel **DAEFFLER**, *L'Épave des Marinières, rapport de fouille*, Mémoire multigraphié, 1999.

Michel **DAEFFLER**, « Plage des Marinières : épave Marinières 1 », *Département des Recherches archéologiques sous-marines, Bilan scientifique 1997*, Ministère de la Culture et de la Communication, 2001.

« Épave Marinières 1 », *Département des Recherches archéologiques sous-marines, Bilan scientifique 1998*, Ministère de la Culture et de la Communication, 2003.

Michel **DAEFFLER**, « Villefranche-sur-Mer (Alpes Maritimes), épave des Marinières », *Archéologie médiévale*, t. XXVIII, *Chronique de fouille subaquatique*, Caen, CRAHM, 1998.

Michel **DAEFFLER**, « Épave Marinières 1 », *Département des Recherches archéologiques sous-marines, Bilan scientifique 2000*, Ministère de la Culture et de la Communication, 2002.

Marion **DELHAYE**, « Épave à clins », *Département des Recherches archéologiques sous-marines, Bilan scientifique 1994*, Ministère de la Culture et de la Communication, 1995.

Marion **DELHAYE**, « Épave médiévale de Cavalaire », dans *Département des Recherches archéologiques sous-marines, Bilan scientifique 1995*, Ministère de la Culture et de la Communication, 1996.

Marion **DELHAYE**, « L'Épave médiévale Cavalaire 1 », dans *Département des Recherches archéologiques sous-marines, Bilan scientifique 1998*, Ministère de la Culture et de la Communication, 2003.

Michel L'HOURL, « Épave des Marinières, Villefranche-sur-Mer », dans *Département des Recherches archéologiques sous-marines, Bilan scientifique 1996*, Ministère de la Culture et de la Communication, 1997.

Alain VISQUIS, *Épave des Marinières, rade de Villefranche, rapport de fouille*, Mémoire multigraphié, 1993.

Tableau 3
Comparaison entre différentes traditions architecturales

Navires	Origine de la construction	Assemblage entre varangue et genou	Fixation genou-varangue	Branche verticale à l'extrémité arrière de la quille	Courbe d'étambot	Galbord sculpté	Fixation du galbord à la quille	Utilisation de gabarits	Fixation des planches du bordé aux membrures
Épave des Marinières (1420-1430)	type architecturale ponantais	double mortaise trapézoïdale	par 3 gournables et deux clous aux extrémités de l'assemblage	oui	oui	oui	par des clous	pour les varangues et les genoux centraux	par des gournables et des clous
Épave de Cavalaire (milieu xv ^e s.)	basque	simple mortaise trapézoïdale	par des gournables	-	-	oui	par des clous	pour les couples centraux	par des gournables et des clous
Épave de Red Bay (1565)	basque	simple mortaise trapézoïdale	par des gournables et deux clous aux extrémités de l'assemblage	oui	oui	le galbord et la quille sont sculptés dans une même pièce	le galbord et la quille sont sculptés dans une même pièce	pour les varangues et les genoux centraux	par des gournables et des clous
Épave du <i>San Diego</i> (fin xvi ^e s.)	espagnole	simple mortaise trapézoïdale	par des clous	oui	oui	non	non	pour les varangues et les genoux centraux	par des clous
Épave de Cais do Sodré (2 ^e moitié xv ^e - début xvi ^e s.)	portugaise	simple mortaise trapézoïdale	par des clous	?	?	non	non	pour les varangues et les genoux centraux	par des clous
Épave d'Aveiro (milieu xv ^e s.)	portugaise	simple mortaise trapézoïdale	par des gournables et des clous	oui	oui	non	non	pour les varangues centrales et probablement leurs genoux	par des gournables et des clous
« Peper wreck » (1606)	portugaise	certains couples présentent une simple mortaise et d'autres une double mortaise trapézoïdale	par des grands clous	-	-	non	cloué à la quille en deux endroits	pour les varangues et les genoux centraux	par des clous
Épave de Calvi I (fin xv ^e - début xvii ^e s.)	méditerranéenne	simple mortaise trapézoïdale et empature dite « à cadeau »	de 1 à 3 clous à pointe recourbée dans le bois	oui	oui	non	non	pour les varangues, les genoux et les allonges	par des clous
Épave de Villefranche (1519)	génoise	certains couples présentent une simple mortaise et d'autres une double mortaise en queue d'aronde	par des clous	oui	oui	oui	par des clous	?	par des clous

Fig. 1
Localisation de l'épave des Marinières dans la baie de Villefranche-sur-Mer
(Alpes Maritimes)

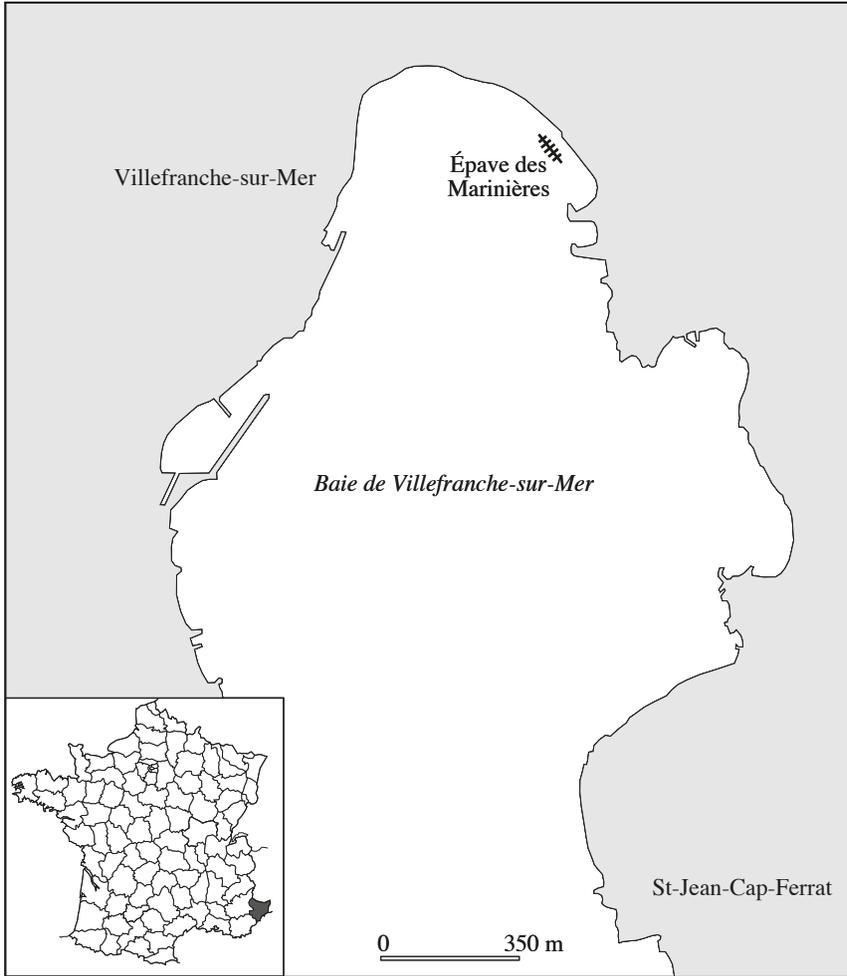


Fig. 2
Différences entre la construction à clins et celle à franc-bord

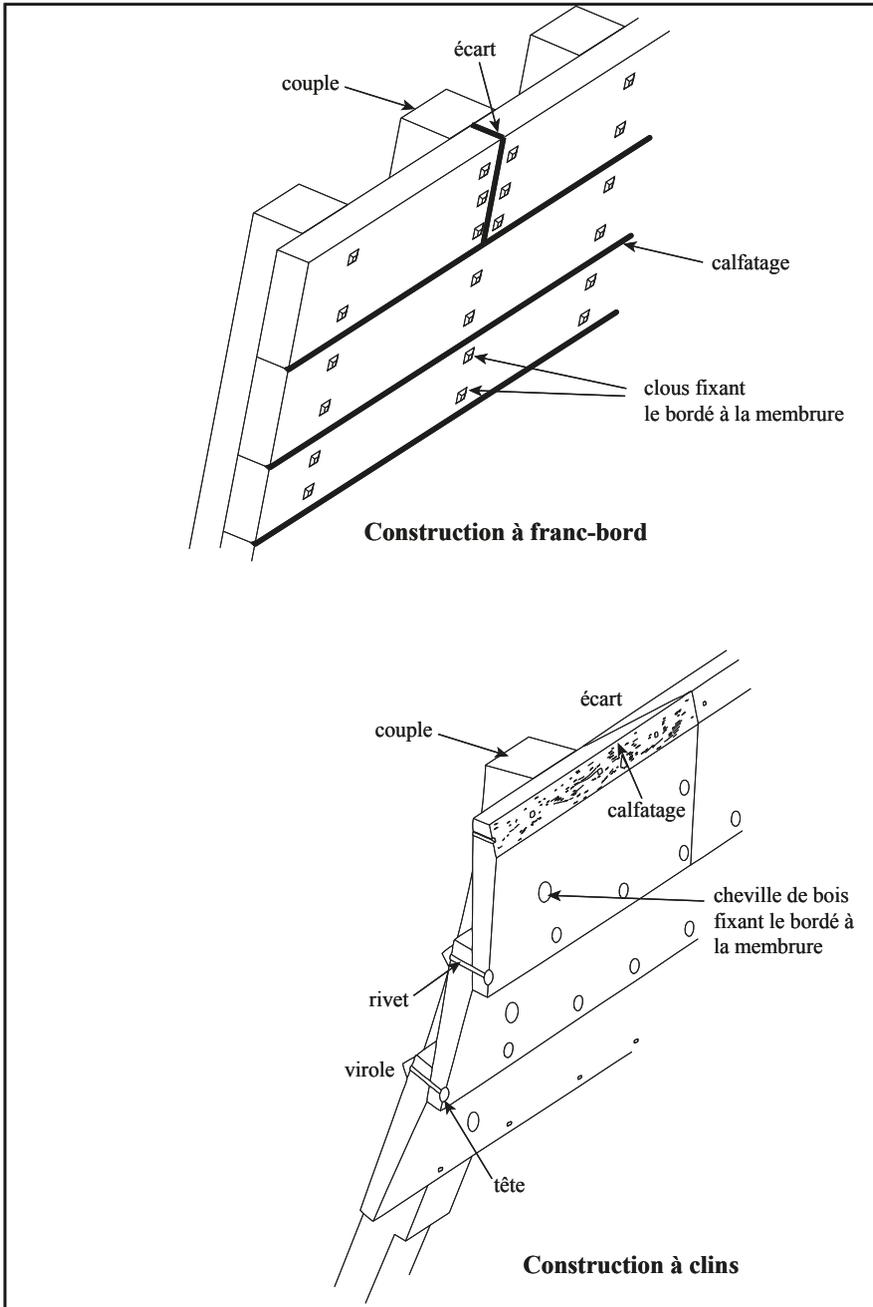


Fig. 3
 Gabarits et tablettes utilisés pour le tracé des membrures d'une galère
 de la fin du XVII^e siècle (entre les couples de balancement)

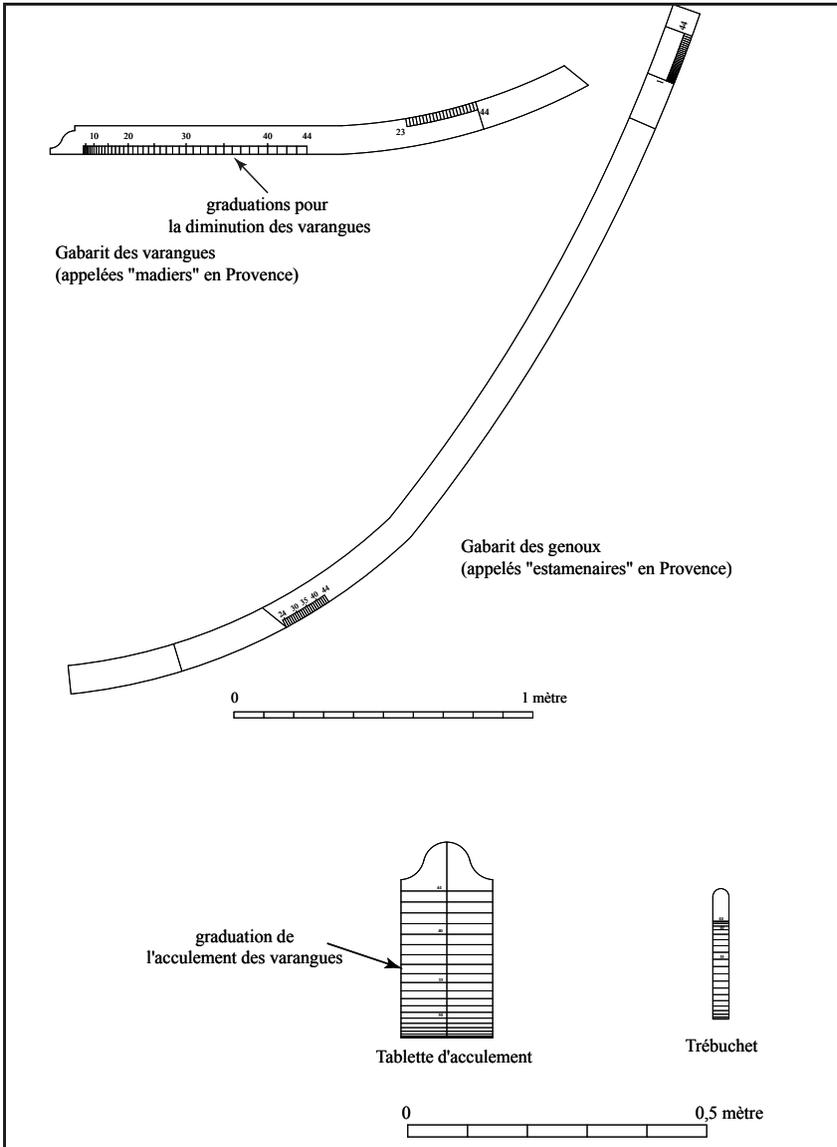


Fig. 4
 Déplacement du gabarit pour le tracé des varangues. Le déplacement horizontal (diminution des varangues) est contrôlé par les graduations de la « diminution des varangues ». Le déplacement vertical est obtenu par la tablette d'acculement. De cette manière, le charpentier réalise des varangues de plus en plus pincées vers les extrémités du navire

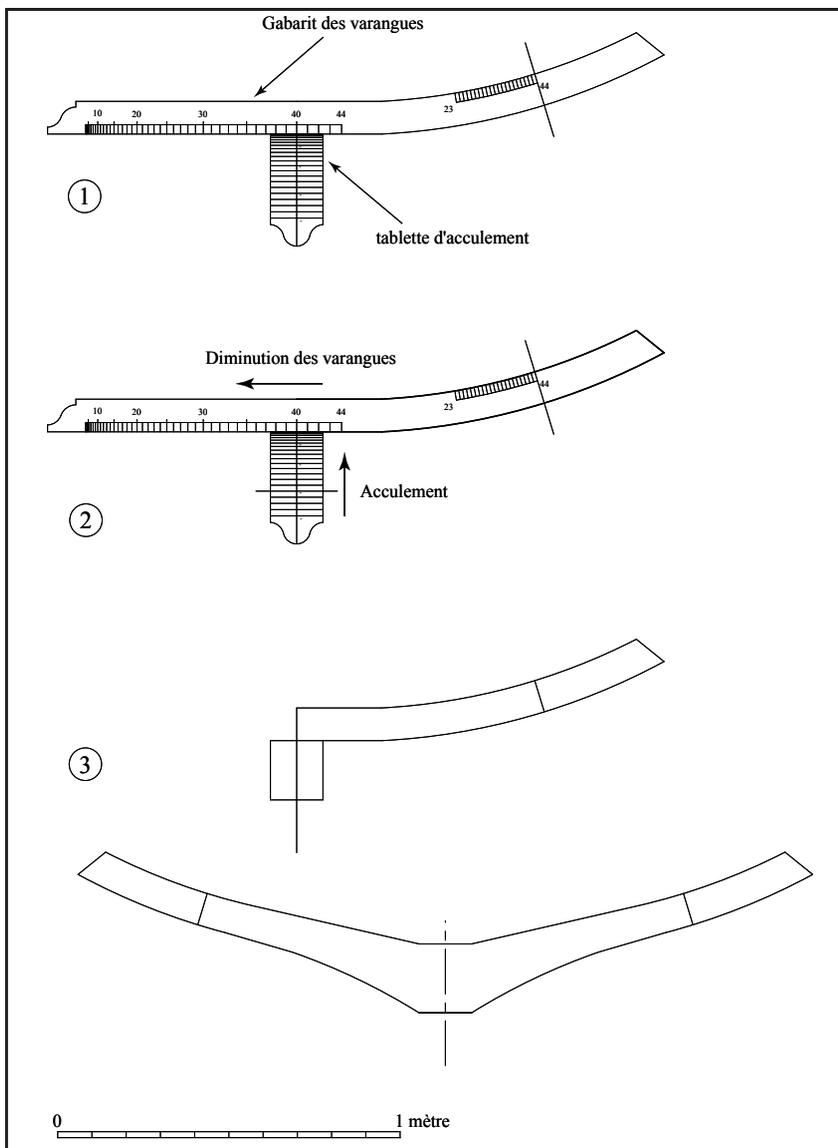


Fig. 5
Tracé des genoux (appelés estamenaies en Provence) à l'aide d'un gabarit et du trébuchet. Le basculement vers l'extérieur, ainsi obtenu, donne un meilleur appui latéral au navire sous voiles

38

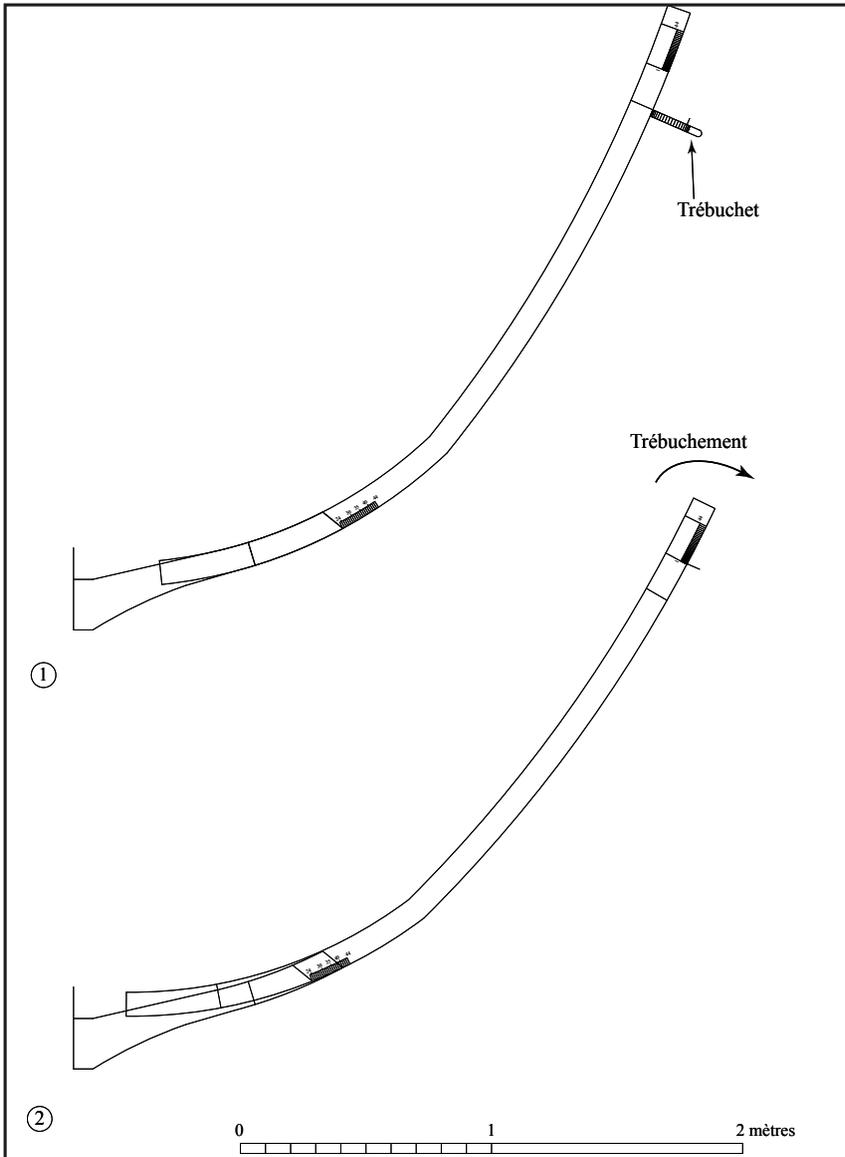


Fig. 6
 Planimétrie de l'épave des Marinières (dessin J. M. Gassend et M. Daeffler)

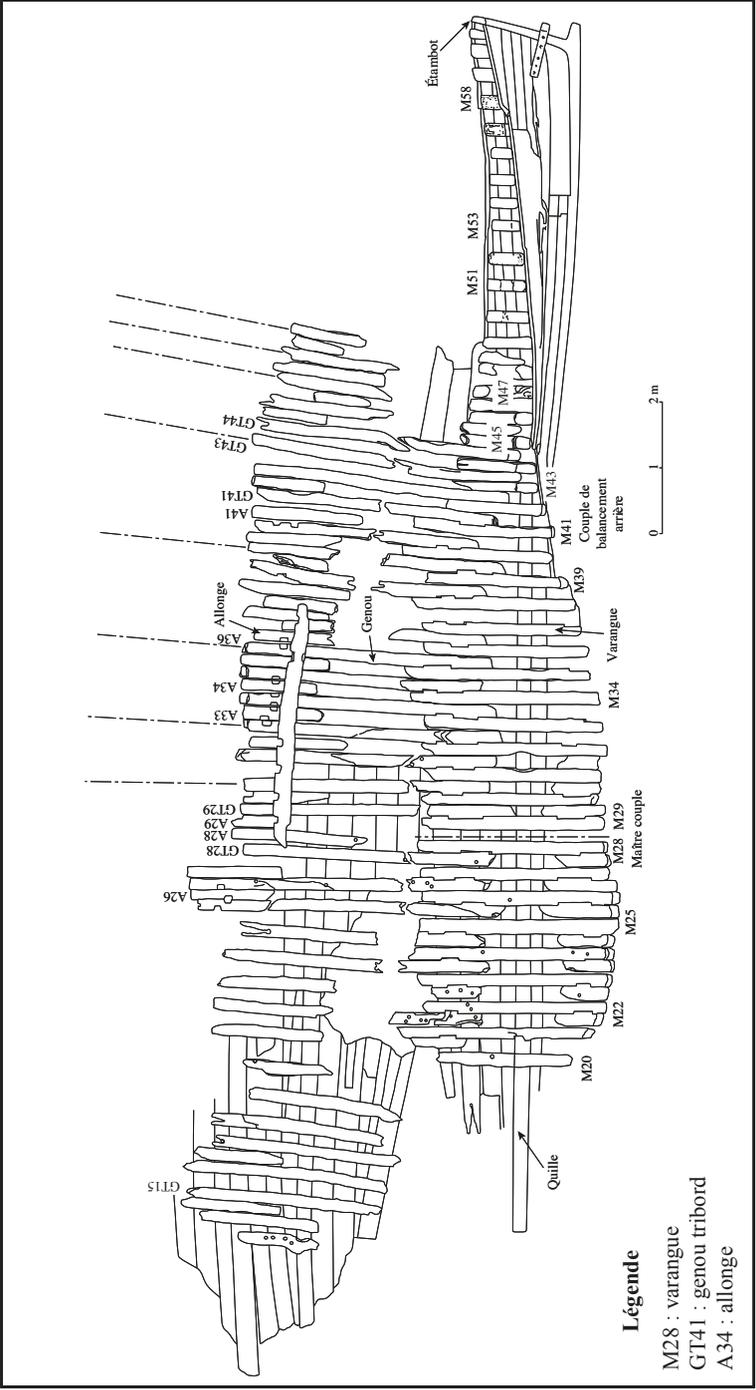
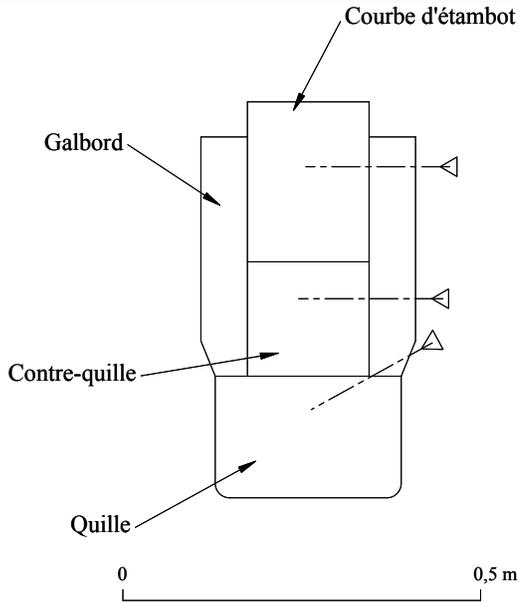


Fig. 7
 Section au niveau du fourcat M55, montrant la fixation du galbord sur la charpente axiale, à l'arrière du navire



40

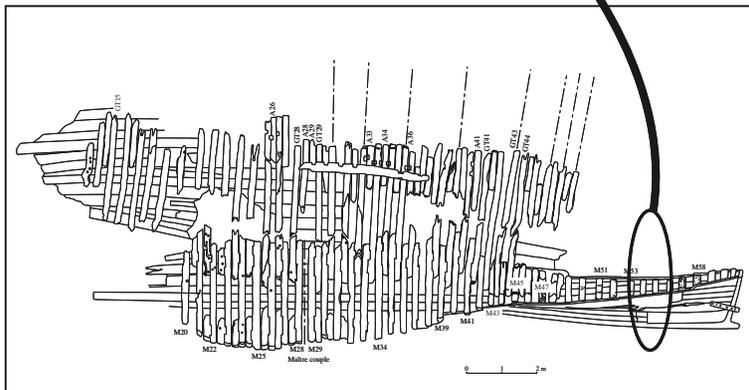


Fig. 8
Dernier élément du galbord (BbA1), cloué au talon de quille

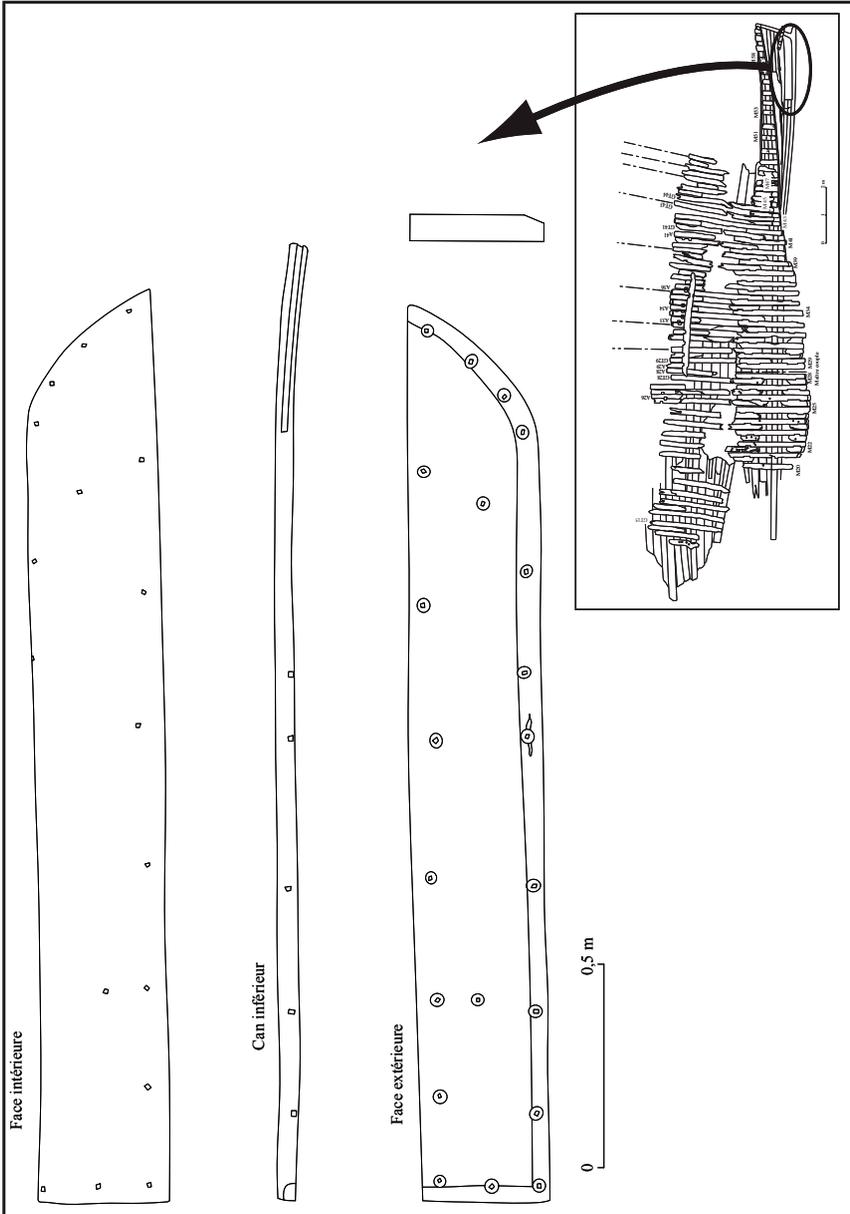


Fig. 9

Traces d'outils sur la membrure de l'épave des Marinières. En haut, empreinte d'une tarière sur la face inférieure d'une allonge. En bas, trace d'une herminette sur une face latérale du genou GT36

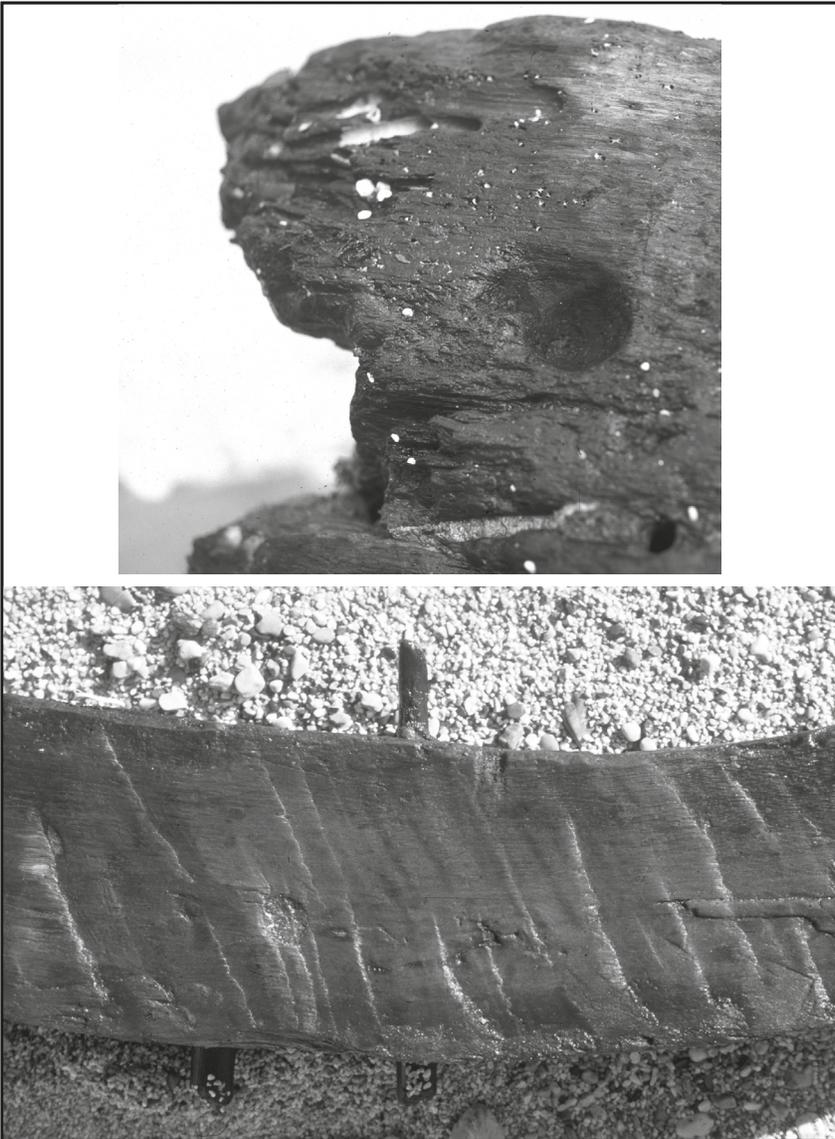


Fig. 10
Disposition du galbord sur la quille et la contre-quille
à l'avant de l'épave des Marinières

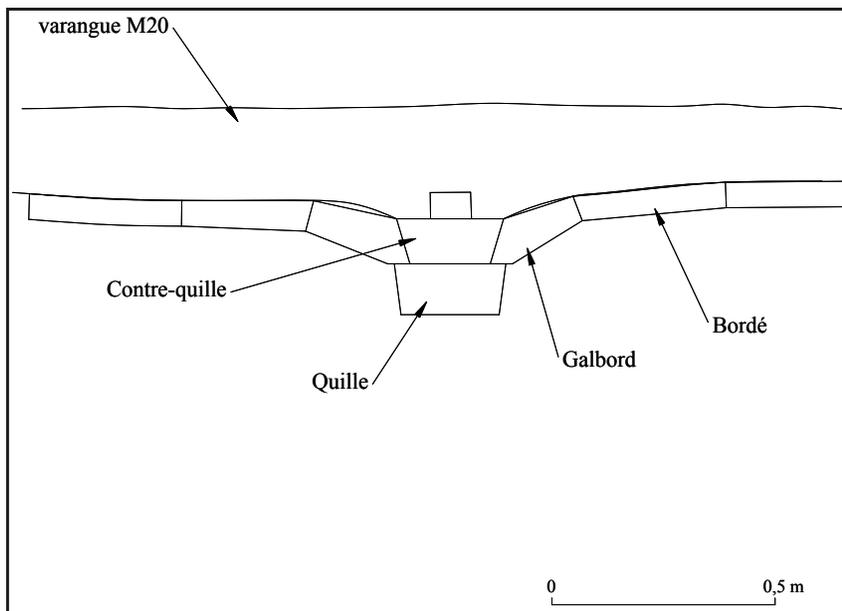


Fig. 11

Disposition du bordé et structure interne sur l'arrière de l'épave des Marinières. Ces dessins représentent la charpente au moment de la fouille, ce qui explique le décalage entre la base des fourcats et la courbe d'étambot, dû à la fracture de la coque

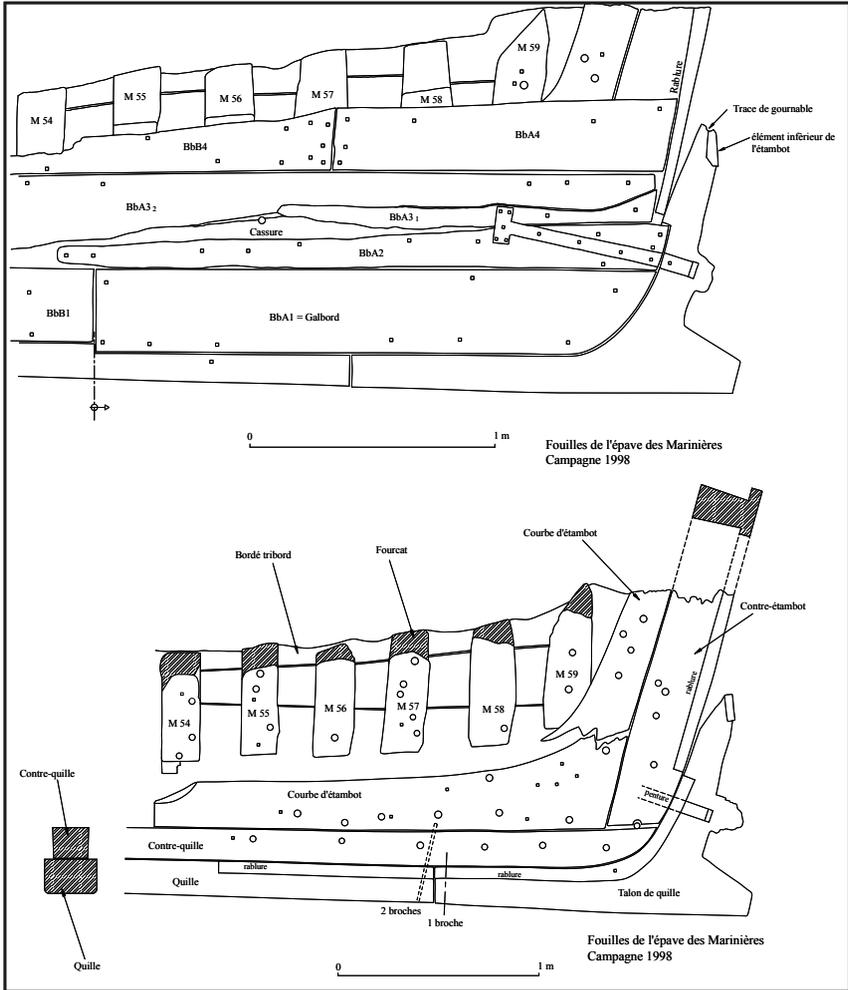


Fig. 12

Exemples de structures de l'arrière de navires méditerranéens et ibérique. La rode de poupe des galères correspond au talon de quille des « navires ronds ». Le capion de poupe, ou étambot, s'assemble à la rode de poupe par un écart similaire à celui de l'épave basque de Red Bay

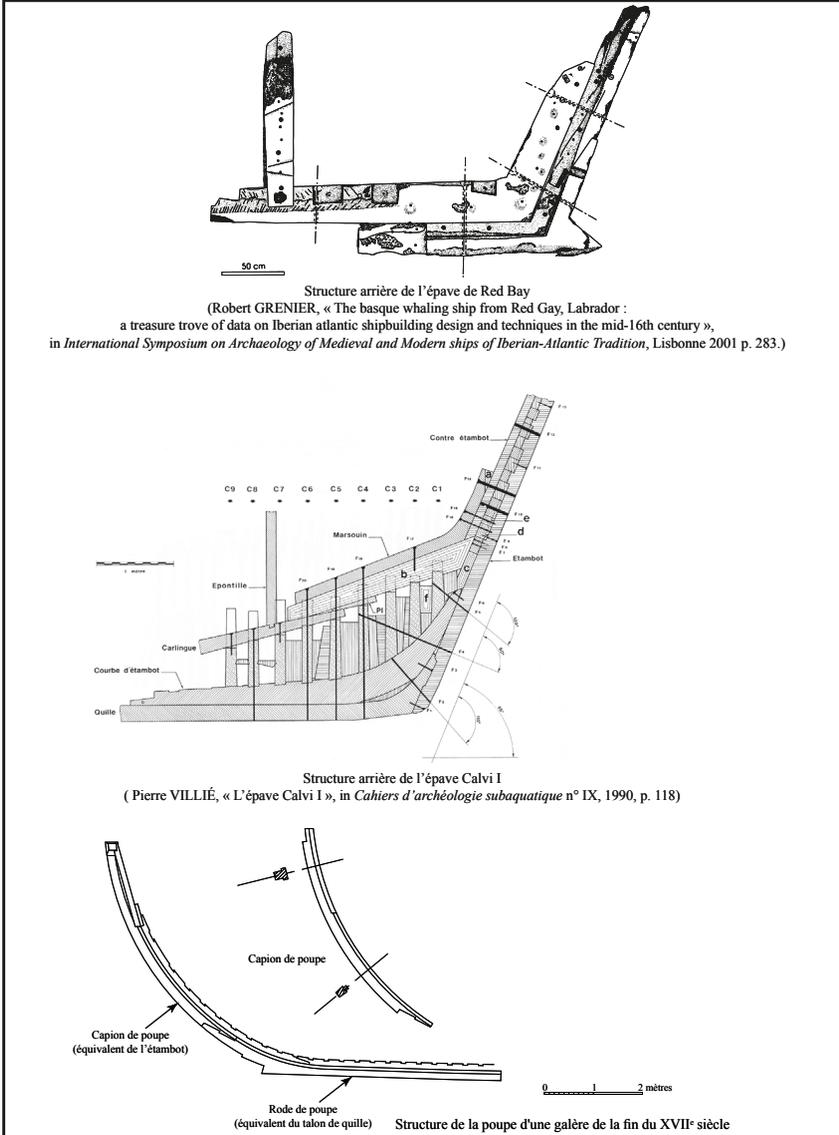


Fig. 13
Membres de l'épave des Marinières présentant un assemblage en queue d'aronde
entre les varangues et les genoux

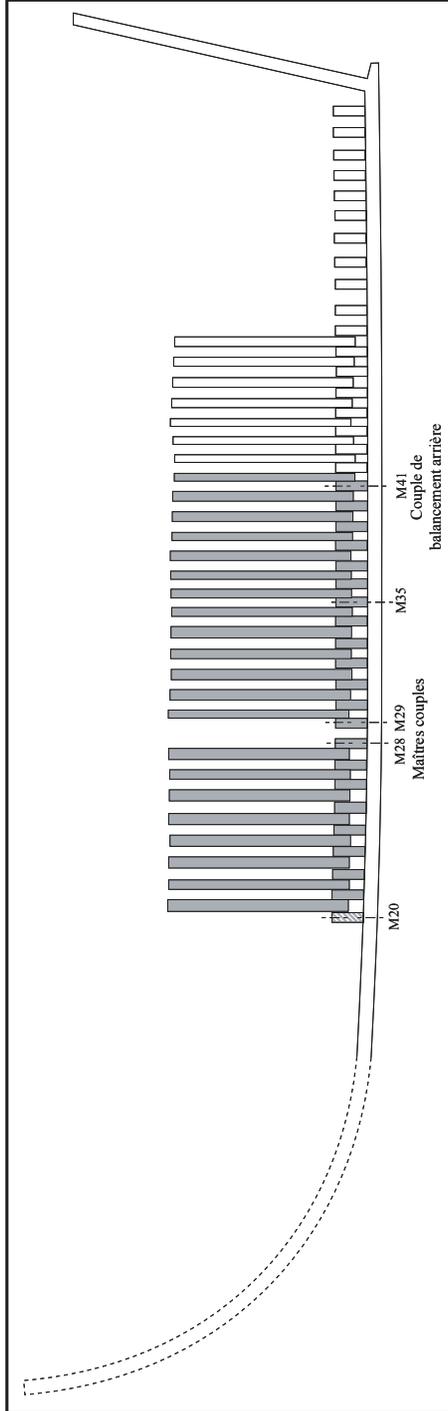


Fig. 14
Détail de l'assemblage en queue d'aronde sur la varangue M24

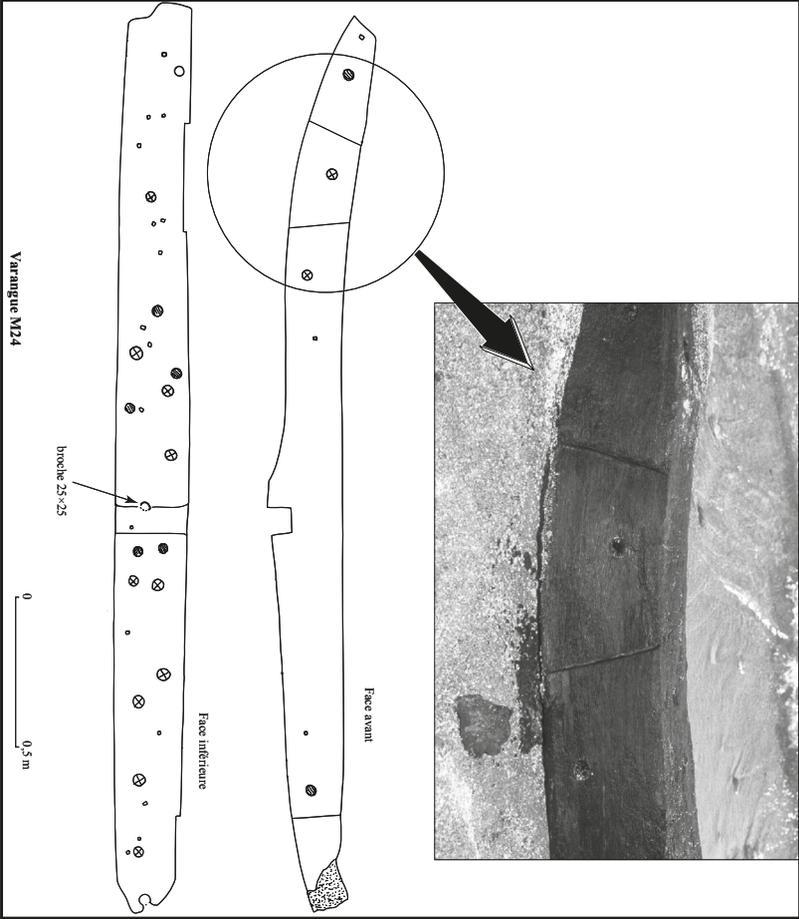


Fig. 15
Détail du double assemblage en queue d'aronde sur la varangue M36

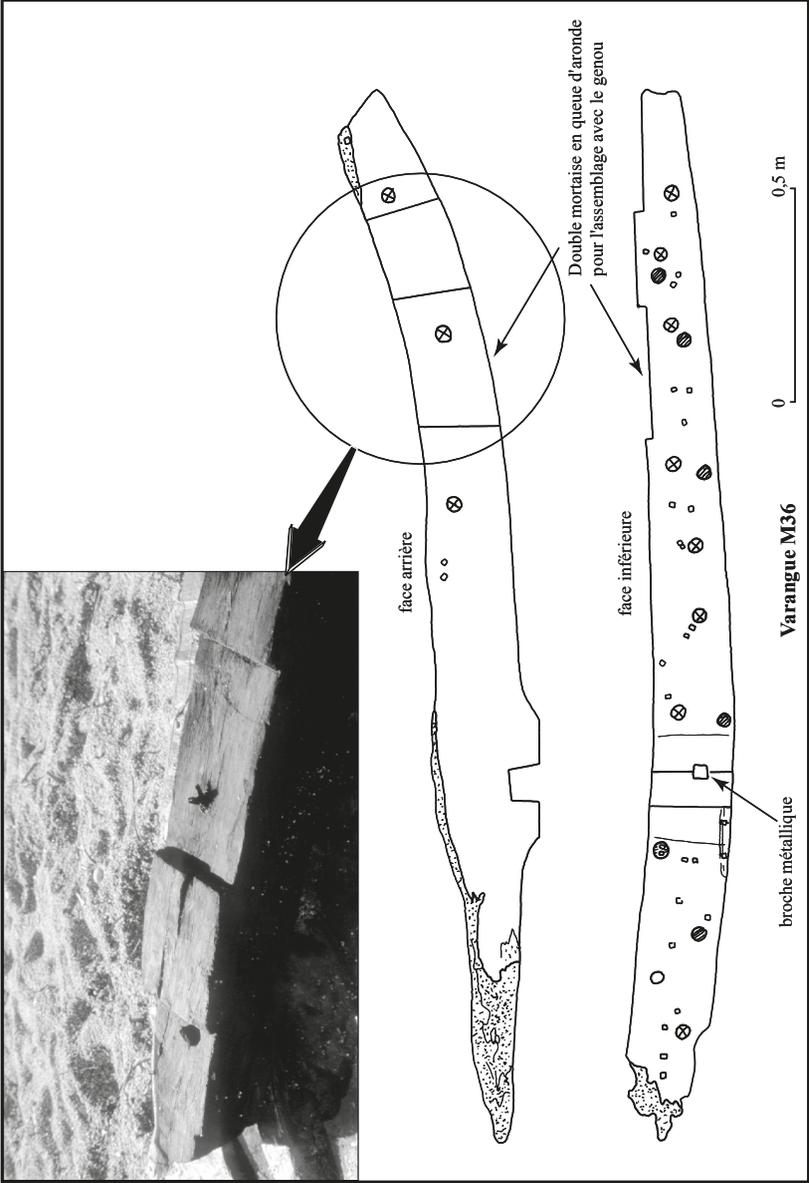


Fig. 16

Épave de Red Bay. Assemblage des varangues et des genoux par une mortaise trapézoïdale. (Robert GRENIER, « The basque whaling ship from Red Gay, Labrador : a treasure trove of data on Iberian atlantic shipbuilding design and techniques dans the mid-16th century », *International Symposium on Archaeology of Medieval and Modern Ships of Iberian-Atlantic Tradition*, Lisbonne 2001 p. 277)

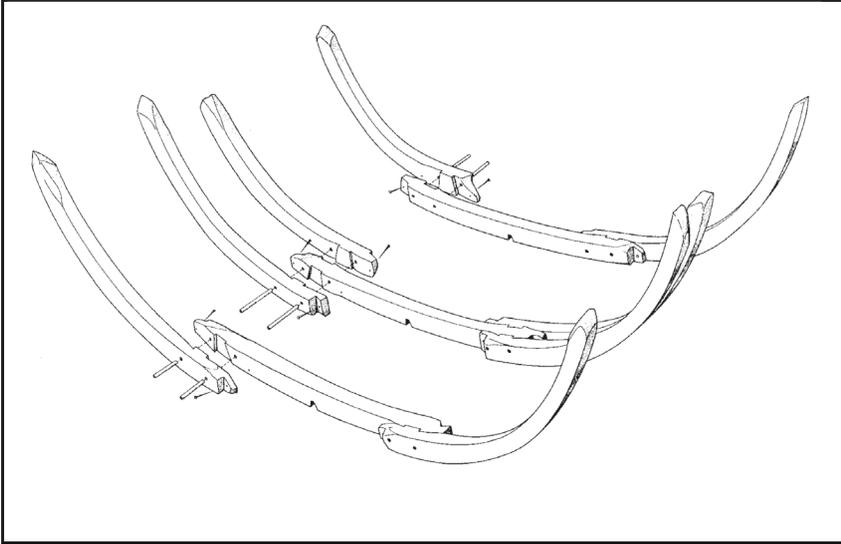


Fig. 17
 Épave des Marinières, position des membrures chevillées à la quille

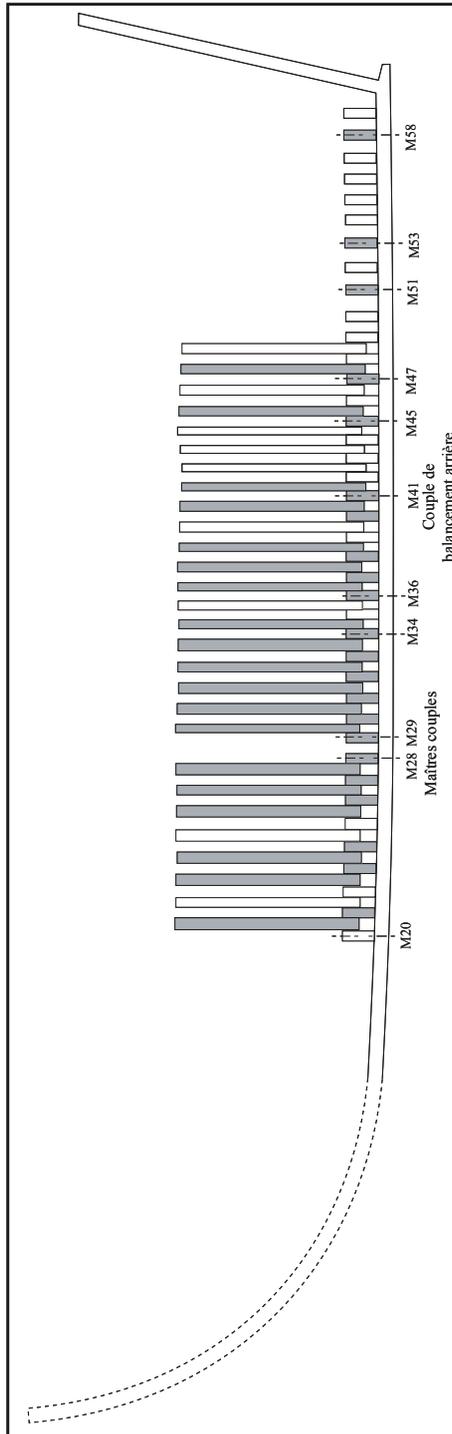


Fig. 18

Gournable traversante placée à la base du fourcat M58. Ce fourcat est fixé à la courbe d'étambot par un clou enfoncé latéralement, selon une méthode analogue à celle employée dans la construction des galères

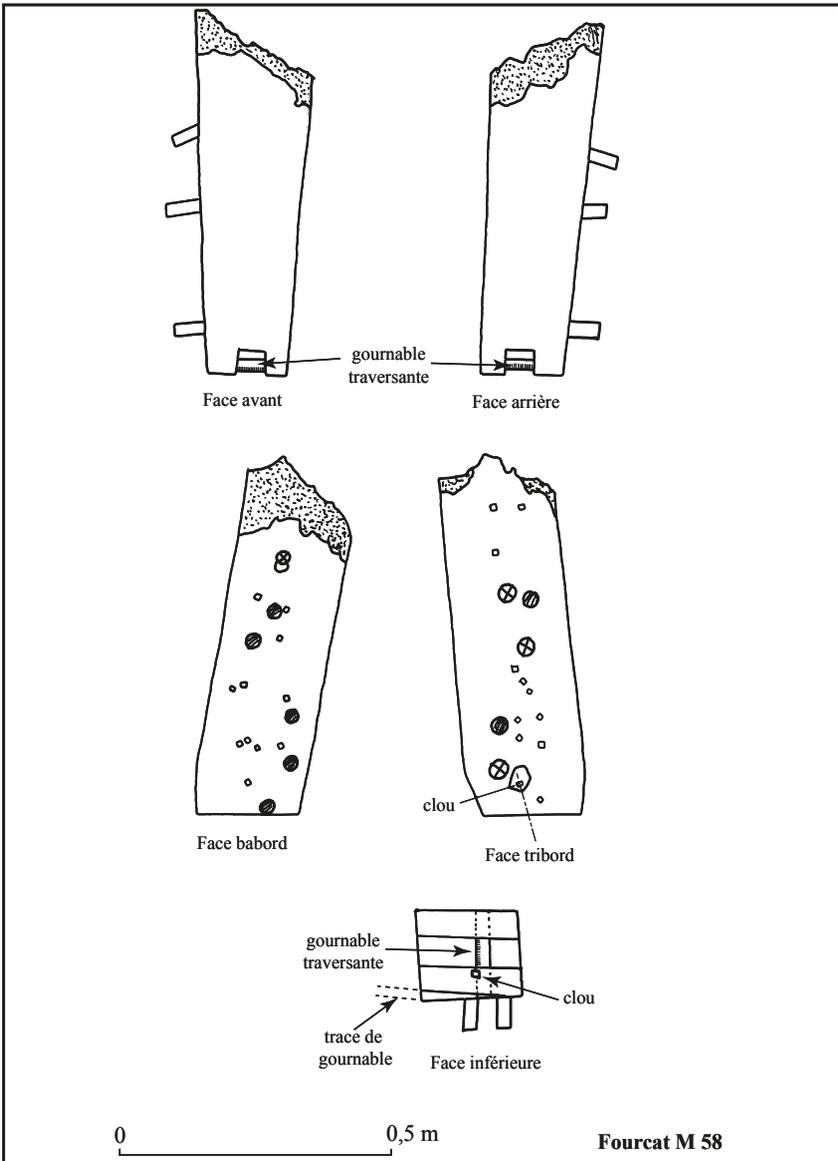


Fig. 19
Recherche des varangues gabariées par comparaison des profils du gabarit théorique et
des varangues de l'épave

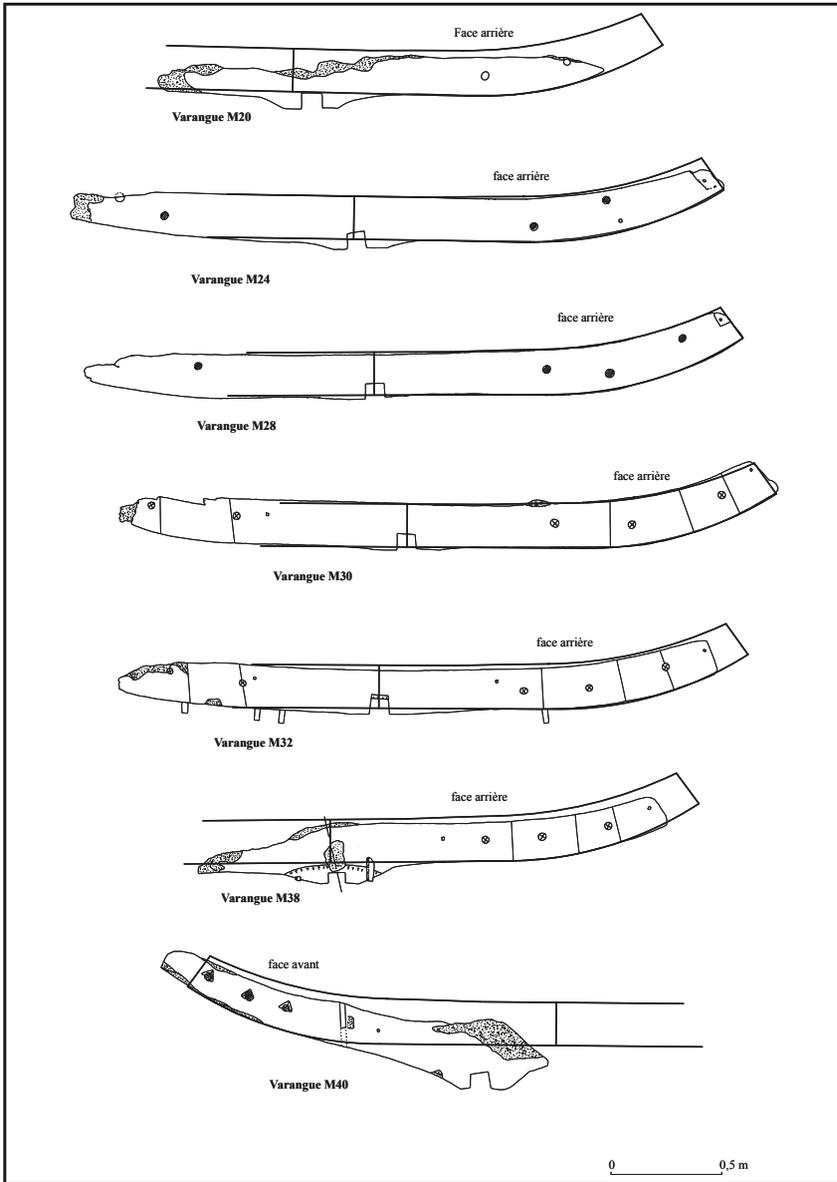


Fig. 20
Recherche des genoux gabariés par comparaison des profils du gabarit théorique
et des genoux de l'épave

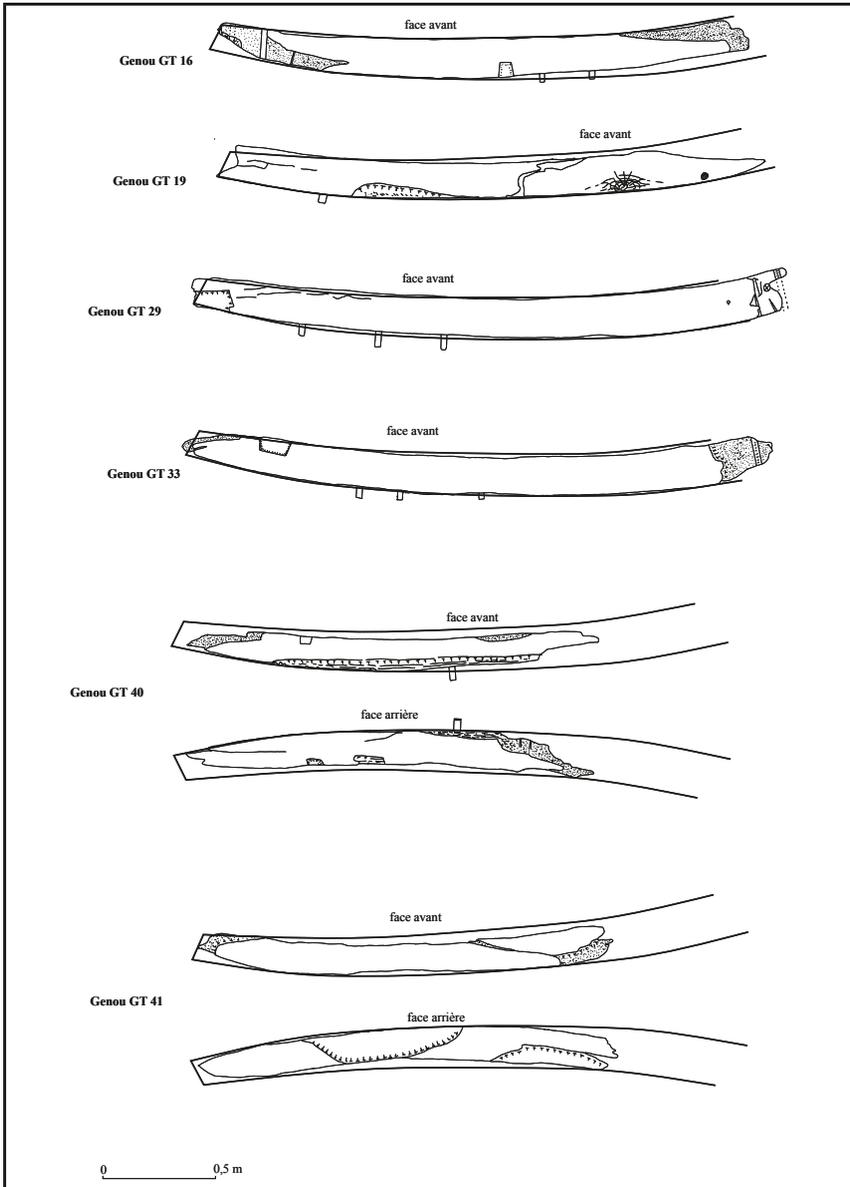


Fig. 21
Hypothèses sur la mise en place de la membrure du navire des Marinières

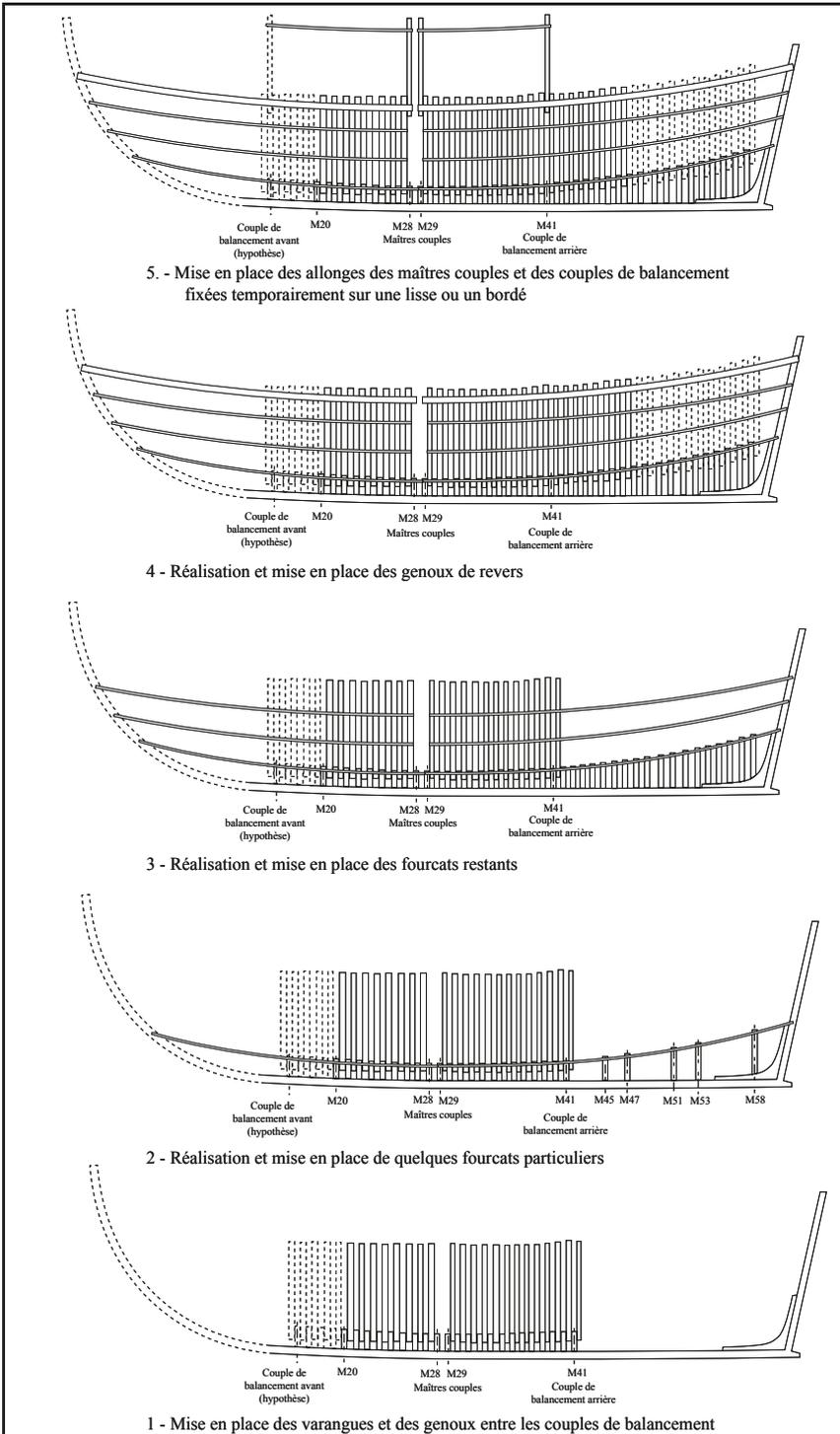


Fig. 22
 Reconstitution de la carène de l'épave des Marinieres sous « Circé-Maat »
 (Dessins et photo Vincent Jaricot)

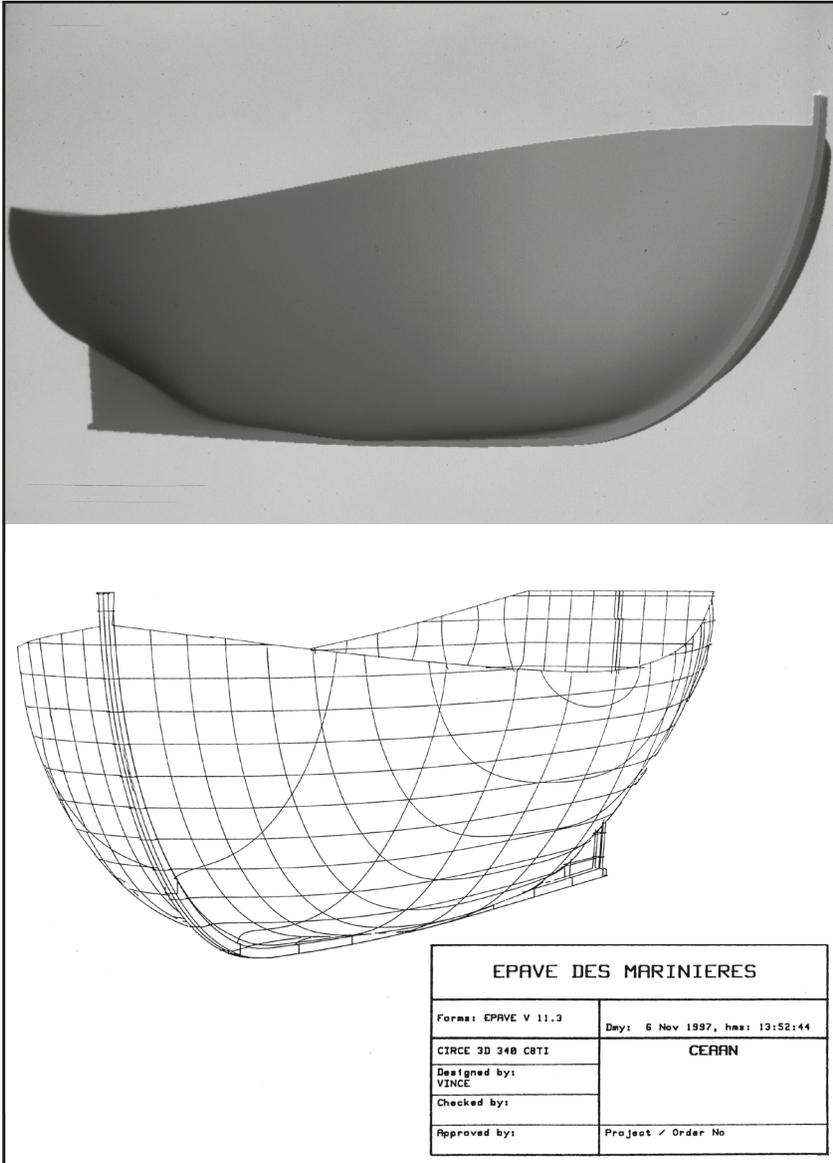


Fig. 23
 Calcul de la stabilité du navire des Marinières
 (Calculs effectués par Vincent Jaricot sur « Circé- Maat »)

56

