



HAL
open science

Principe et procédés de construction du chaland Arles-Rhône 3 : une construction “ sur sole ”

Sabrina Marlier, Pierre Poveda

► To cite this version:

Sabrina Marlier, Pierre Poveda. Principe et procédés de construction du chaland Arles-Rhône 3 : une construction “ sur sole ”. *Archaeonautica*, 18, 2014. Arles-Rhône 3. Un chaland gallo-romain du Ier siècle après Jésus-Christ, 18 (1), pp.202 - 208, 2014, <10.3406/nauti.2014.1336>. <halshs-01807500>

HAL Id: halshs-01807500

<https://shs.hal.science/halshs-01807500v1>

Submitted on 24 Jan 2019

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 CC BY-SA 4.0 - Attribution - ShareAlike - International License

Principe et procédés de construction du chaland *Arles-Rhône* 3 : une construction « sur sole »

Sabrina Marlier, Pierre Poveda

Citer ce document / Cite this document :

Marlier Sabrina, Poveda Pierre. Principe et procédés de construction du chaland *Arles-Rhône* 3 : une construction « sur sole ». In: *Archaeonautica*, 18, 2014. *Arles-Rhône* 3. Un chaland gallo-romain du 1er siècle après Jésus-Christ. pp. 202-208;

doi : 10.3406/nauti.2014.1336

http://www.persee.fr/doc/nauti_0154-1854_2014_num_18_1_1336

Document généré le 14/01/2018

conserver la grosseur naturelle des troncs, ce qui relève particulièrement de la méthode de taille des bois bruts connue dans l'Antiquité (Rival 1991, p. 128). Par ailleurs, parce que les débits sur quartier étaient recherchés pour leur stabilité dimensionnelle au séchage (Rival 1991, p. 122), les pièces constitutives de la sole (bordages et bouchains) sont débitées dans le cœur des grumes. Enfin, les charpentiers antiques avaient recours au cintrage à chaud, technique qui a été développée pour ployer les bordages de sole et former les levées avant et arrière ainsi que pour le ployage des bordages de flanc qui caractérisent l'aspect fuselé du chaland.

De même, *Arles-Rhône 3* relève des caractéristiques de la charpenterie mise en œuvre, ainsi que pour le ployage des bordages de flanc qui caractérisent l'aspect fuselé pour la construction des chalands gallo-romains d'origine européenne. Ainsi, telle que l'étude du chaland de Bevaix et de sa réplique expérimentale (Arnold 1999, p. 157-163) le constate aussi, on note que les planches dans lesquelles les bordages s'inscrivent sont taillées au plus large possible dans une grume ou une demi-grume, ce qui relève de manière caractéristique d'un héritage de la tradition de l'architecture navale datée de l'âge du Bronze. De même, l'observation de la sole du chaland *Arles-Rhône 3* a mis en évidence que, d'une part, le type de débitage des grumes sur plot se faisait aussi au détriment du façonnage des cans où l'aubier est conservé à l'emplacement même des jointures entre les bordages de sole et les bouchains et que, d'autre part, les fentes de dessiccation colmatées à la poix étaient fréquentes au milieu des planches du bordé. Quant aux courbes, elles sont affaiblies par la découpe trop importante de leur coude. Comme pour les chalands de Bevaix et de Lyon Saint-Georges, le débitage des pièces suit sensiblement le même schéma et une même panoplie d'outils est utilisée.

Enfin, le chaland *Arles-Rhône 3* rejoint fidèlement la famille des chalands du groupe Rhône-Saône avec une sole intégralement réalisée en bois de chêne caducifolié, suivant la tradition de confection du fond de ce type d'embarcation, et un bordé en bois de résineux constitué en particulier de deux demi-troncs de sapin. La tradition des bateaux du Rhône construits essentiellement en chêne pour le fond et la membrure et en sapin pour le bordé se perpétuera au Moyen Âge (Rossiaud 2007, p. 205).

PRINCIPE ET PROCÉDÉS DE CONSTRUCTION DU CHALAND *ARLES-RHÔNE 3* : UNE CONSTRUCTION « SUR SOLE »

Sabrina MARLIER, Pierre POVEDA

Définitions des notions de « principe » et de « procédés de construction »⁹⁰

La notion de principe de construction est très étroitement associée au projet architectural ; elle renvoie à la conception architecturale d'ensemble du bateau et à la manière dont la forme et la structure d'une coque se trouvent définies. Il s'agit d'une dimension fondamentale de définition d'une architecture reposant avant tout sur des choix de caractère théorique relevant du savoir technique (géométrie des formes de la coque, valorisation structurale de la charpente transversale ou, à l'inverse, du bordé, ou encore du fond plat...).

La notion de procédés – ou méthodes – de construction relève quant à elle de la pratique constructive et correspond à l'ensemble des moyens techniques mis en œuvre, selon des séquences ordonnées, pour réaliser concrètement la coque du bateau, en fonction d'un principe de construction déterminé. À la différence du principe de construction, les procédés ou méthodes de construction font intervenir principalement des choix d'ordre pratique et matériel résultant d'un savoir-faire technique.

Pour un même principe de construction, il peut exister différentes méthodes de construction. Il est donc important de distinguer ces deux notions.

Dans le cas du chaland *Arles-Rhône 3*, comme dans le cas de l'ensemble de la batellerie fluviale gallo-romaine, la sole, en l'absence de quille, représente la structure déterminante de la coque, à la fois du point de vue de la conception et à la fois du point de vue de la construction (Rieth 2010a, p. 45). On parle alors de construction « sur sole »⁹¹ que Béat Arnold définit de la façon suivante : « le fond plat constitue un tout servant de point de référence à la construction » (Arnold 1992b, p. 62, p. 73 ; 1998, p. 76).

Rappel du système architectural du chaland *Arles-Rhône 3*

Le système architectural du chaland *Arles-Rhône 3* est caractérisé par une sole et des bordés monoxyles de transition ainsi que, localement, par des bouchains composés.

90. D'après Pomey, Rieth 2005, p. 29 ; Rieth 2007, p. 63-64 ; 2010a, p. 38-39.

91. Qualifiée à l'origine de construction « à fond plat » par É. Rieth (1981), c'est finalement la terminologie de construction « sur sole », davantage en adéquation avec le vocabulaire de la batellerie et introduite par B. Arnold (1992, p. 73 ; 1998), qui a été retenue. Ce dernier a par ailleurs traduit cette notion en anglais par « bottom-based construction » (Arnold 1991). « Bottom-based shipbuilding » est également utilisée (Hocker, Ward (eds.) 2004).

Les virures de sole sont disposées à franc-bord, avec quelques clous transversaux pour la liaison des extrémités des bordages adjacents tandis que les bordages verticaux participant des bouchains composés sont également fixés aux bordages de sole adjacents au moyen de clous transversaux enfoncés depuis l'extérieur. Les bouchains assurent le passage et la liaison du fond plat aux flancs et garantissent, pour les bouchains monoxyles, la rigidité longitudinale de la coque. Cependant, étant donné la faiblesse de l'échantillonnage des bouchains monoxyles, la rigidité longitudinale est surtout renforcée par la présence de bordés de flanc en demi-tronc de sapin surmontés, sur l'avant et sur l'arrière, par un plat-bord. À la sole est associée une membrure composée de varangues plates et de courbes. Les varangues ne sont pas disposées par paire et présentent une maille relativement lâche sur les extrémités arrière et avant et au contraire resserrée dans la partie centrale. Les courbes, dont la fonction essentielle est d'assurer le soutien des flancs avec le fond, pose la question, en raison de leur faible nombre, de la tenue des pièces de flanc en demi-tronc qui sont principalement assemblées aux bouchains et aux tasseaux, au niveau de leur base. L'ensemble de la membrure est fixé à la sole au moyen de clous, essentiellement enfoncés depuis l'intérieur de la coque mais aussi depuis l'extérieur avec les pointes rabattues à angle droit, le plus souvent une fois sur le dos des membrures et une à deux fois sur l'extérieur de la sole. Cet assemblage permet ainsi de fixer non seulement la charpente transversale au bordé mais aussi d'assurer l'assemblage et la cohésion même des bordages de sole et des bouchains entre eux. Aucune serre ne vient renforcer longitudinalement la carène. En revanche, dans le plan transversal, deux barrots supposés sur l'arrière et le banc d'étambrai, sur l'avant, assurent l'écartement des murailles tout en augmentant la résistance de la coque à la pression latérale de l'eau.

Le principe de construction du chaland *Arles-Rhône 3*⁹²

Selon la définition donnée pour le principe de construction, la conception architecturale d'ensemble du chaland *Arles-Rhône 3* s'organise autour de son fond plat : toute l'architecture de sa coque repose ainsi, au niveau de sa conception générale (dimensions et formes) mais aussi au niveau de sa construction, sur la sole.

Ce type de conception se caractérise par une coque bâtie à partir d'un ensemble de virures disposées longitudinalement⁹³ et à plat, qui représente une unité architecturale cohérente. Dans cette perspective architecturale, le fond et les flancs ne forment pas un ensemble continu, comme dans la construction sur quille, caractéristique de la construction maritime, mais deux ensembles organiquement distincts. La charpente transversale va ainsi acquérir une position centrale au sein de la structure architecturale. En plus d'assurer la cohésion de l'ensemble des bordages de sole et la rigidité transversale de la coque, elle permet également, par l'intermédiaire de ses courbes, de relier les flancs à la sole.

Dans le cas de l'architecture monoxylo-assemblée, à laquelle appartient le chaland *Arles-Rhône 3* (*supra*, p. 110-113), deux autres pièces occupent une position déterminante dans la structure d'ensemble de la sole : ce sont les bordés monoxyles de transition principaux. En plus d'assurer la liaison entre le fond et les flancs et de contribuer à la rigidité longitudinale de la coque, ces éléments participent en effet de façon essentielle à la conception générale de la géométrie de la sole et, plus globalement, à celle de l'ensemble de la coque.

Pour les grands chalands, chaque bouchain ne peut pas être tiré depuis un seul tronc. Deux éléments, voire trois, sont au moins nécessaires pour obtenir des chalands atteignant les 20-30 m (dans le cas du chaland *Arles-Rhône 3* : deux bordés monoxyles associés à trois bouchains composés constituent chaque bouchain d'un bord). Il en résulte un nombre de formes relativement faible pour ces bateaux. Elles sont inhérentes au nombre de bordages par bouchain et permettent d'inscrire le fond dans un polygone simple. Ainsi, selon la typologie établie par B. Arnold, *Arles-Rhône 3* s'inscrit dans le type des embarcations polygonales de type octogonal (Arnold 1992b, p. 74). Parmi les embarcations gallo-romaines de ce type, on compte les barges *Zwammerdam 2* et *Zwammerdam 4* (Pays-Bas, II^e-III^e s.) (de Weerd 1988a et b ; Arnold 1992b, p. 74-75). Cependant, la forme des extrémités du chaland *Arles-Rhône 3*, fuselée pour la proue et à seuil étroit pour la poupe, n'est pas une forme recensée dans sa typologie (forme mixte entre la forme 3f pour la proue et la forme 3a pour la poupe) (Arnold 1992b, p. 74) (*infra*, chapitre 9).

Du point de vue conceptuel, également, les bordés de flanc en demi-tronc sont disposés contre le bouchain, de manière à ce que leur bord inférieur vienne recouvrir le can extérieur du bordé monoxylo de transition ou du bordage vertical des bouchains composés, selon le principe de sole « intégrée ». La sole et les bouchains se trouvent ainsi

92. D'après Arnold 1992b ; 1998 ; Rieth 2007, p. 49-76 ; 2010a, p. 41-43.

93. C'est le cas pour le chaland *AR3*, mais dans le cas où les planches ne sont pas délimitées, les virures de la sole peuvent présenter des contours irréguliers et être disposées plus ou moins obliquement (Rieth 2007, p. 64).

« intégrés » entre les deux flancs (Beaudouin 2001, p. 22). Ces derniers, en forme de demi-tronc, agissent par ailleurs, du point de vue structural, comme des raidisseurs longitudinaux et viennent ainsi compenser la faiblesse structurale des bordés monoxyles de transition.

Selon cette conception d'ensemble, la rigidité longitudinale est ici assurée par les bordés monoxyles de transition et les bordés de flanc en demi-tronc ; et la rigidité transversale est assurée par la charpente transversale, ou membrure.

Les procédés de construction du chaland *Arles-Rhône 3*

Le démontage des courbes et des bordés de flanc en demi-tronc et celui des soles des tronçons relevés de l'épave, à terre lors du chantier de fouille-relevage, puis l'enlèvement des clous de l'ensemble des varangues à l'atelier ARC-Nucléart (Annexe 3, p. 312) ont permis de réaliser un certain nombre d'observations précises, notamment concernant les assemblages. L'ensemble de cette documentation permet de restituer les séquences de construction supposées du bateau.

S'agissant d'une construction « sur sole », le bateau a probablement été construit sur un chantier de madriers ou de traverses⁹⁴ suffisamment surélevés afin de pouvoir accéder à l'extérieur de la coque durant les différentes phases de construction et éviter ainsi tout basculement ou retournement de la coque.

Aucune trace archéologique de la présence de petites chevilles de liaison n'ayant été observée pour la fixation des bordages de sole ou des bouchains au chantier, les planches, durant la construction, ont sans doute été bloquées latéralement par un système de cales extérieures afin d'éviter tout déplacement latéral des pièces⁹⁵.

Au regard de l'étude des grands ensembles structurels et des assemblages de l'épave *Arles-Rhône 3*, les séquences proposées pour la construction du chaland sont les suivantes :

1. Mise en place des bordés monoxyles de transition principaux, BM1 et BM2, préfaçonnés mais avec les extrémités non travaillées (pas de découpe d'écart à ce stade de la mise en place du chantier), afin de jouer le rôle de gabarits pour les contours du bateau (fig. 261, séquence 1).
2. Façonnage et mise en place de la virure centrale B1-B5⁹⁶ (fig. 261, séquence 2).
3. Façonnage et mise en place du bordage bâbord arrière B3 (fig. 261, séquence 3).
4. En symétrie, façonnage et mise en place du bordage tribord avant B4 (fig. 261, séquence 3).
5. Façonnage et mise en place du bordage tribord arrière B2 (fig. 261, séquence 4).
6. En symétrie, façonnage et mise en place du bordage bâbord avant B8⁹⁷ (fig. 261, séquence 4).
7. Écartement des virures pour assurer leur ployage, sur l'avant et sur l'arrière⁹⁸ (fig. 261, séquence 5).
8. Ployage de la levée de proue, avec ployage des bordages B8, B5 et B4, jusqu'à atteindre l'angle de relèvement souhaité (fig. 261, séquence 5).
9. En parallèle, ployage de la levée de poupe, avec ployage des bordages B3, B1 et B2, jusqu'à atteindre l'angle de relèvement souhaité (fig. 261, séquence 5).
10. Disposition du matériau d'étanchéité (tissus poissés) entre les cans des virures avant leur réunion ; rapprochement des virures et fixation des bordages B3 et B4, sur l'arrière, au bordage B1 au moyen de clous de liaisons transversaux enfoncés depuis le can externe des bordages B3 et B4 en direction de B1 (fig. 261, séquence 5 et 6).
11. Disposition du matériau d'étanchéité (tissus poissés) entre les cans externes des virures latérales et des bouchains et rapprochement des bordés monoxyles de transition principaux (BM1 et BM2), contre la sole (fig. 261, séquence 5 et 6).
12. Façonnage et mise en place des varangues centrales, depuis M99 sur l'arrière jusqu'à M125 sur l'avant ; fixation de ces membrures à la sole au moyen de clous chassés depuis l'intérieur et l'extérieur de la coque avec les pointes rabattues sur le dos des varangues (le plus souvent une fois) et sur l'extérieur de la sole (une à deux fois) ; fixation des varangues aux bouchains au moyen de clous enfoncés depuis les ressauts des extrémités des varangues avec enfoncement à pointe perdue (le plus souvent) ou à pointe rabattue sur l'extérieur des bouchains ; quelques clous sont aussi enfoncés transversalement depuis l'extérieur du bouchain en direction des membrures (fig. 261, séquence 7).
13. Découpe des écarts sur l'extrémité avant des bouchains BM1 et BM2 (fig. 261, séquence 7).
14. Façonnage et mise en place des bordages latéraux secondaires B6 et B7 au niveau de ces écarts avec façonnage des cans externes des bordages B3 et B4 pour les faire entrer ;

94. Les bateaux ne sont en effet jamais construits à même le sol, même pour les bateaux à fond plat construits « sur sole ». Les madriers en question, ou traverses, sur lesquelles sont disposés les virures longitudinales et les bouchains pour la construction, correspondent, en quelque sorte, aux négatifs des varangues plates (Rieth 2007, p. 66 ; 2010a, p. 43).

95. Contrairement à l'usage de petites chevilles liées à l'assemblage temporaire des bouchains ou des bordages sur un chantier de madriers, le recours à des cales extérieures, pour bloquer les pièces de construction, est un dispositif qui ne laisse aucune trace archéologique. Tel a été le cas, certainement, lors de la construction du chaland d'Yverdon sur lequel aucune trace de ce type de chevillage n'a été observée (Arnold 1999, p. 110). Sur la construction récente d'une restitution d'un chaland gallo-romain, *Abugnata*, ce sont des serre-joints qui ont été utilisés pour maintenir les bouchains en place (observation personnelle lors d'une visite du chantier, en Picardie, en juin 2012). En revanche, sur le chaland gallo-romain de Bevaix, de telles chevilles ont été utilisées pour l'assemblage temporaire des bouchains et des bordages aux madriers du chantier, avant que la cohésion de l'ensemble ne soit assurée par le clouage de la membrure ; ces chevilles étaient disposées sous forme de rangées, perpendiculairement à l'axe longitudinal (Arnold 2011, p. 23).

96. Avec, selon cette hypothèse, une liaison des deux bordages par un ou des clous enfoncé(s) transversalement depuis le can externe de B5 en direction de B1 et un ou plusieurs clous enfoncé(s) depuis le can externe de B1 en direction de B5. Cette supposition n'a cependant pas pu être vérifiée (*supra*, p. 84-85).

97. Avec, selon cette hypothèse, un maintien de l'extrémité arrière de B8 contre le bordage B3 au moyen d'un ou de plusieurs clous enfoncé(s) transversalement depuis le can externe de B8 en direction de B3. Cette supposition n'a cependant pas pu être vérifiée (*supra*, p. 84-85).

98. Le cintrage des planches nécessite en effet qu'elles soient écartées les unes des autres afin de pouvoir passer autour d'elles un cordage qui va permettre, au moyen d'une clé, de les mettre sous tension. Le ployage a probablement été réalisé par cintrage à chaud grâce à un feu entretenu directement sous la zone des planches à ployer, entre deux madriers du chantier, et en les humidifiant régulièrement afin d'éviter qu'elles ne s'embrasent (Arnold 1999, p. 110-117). La séparation des planches permet ainsi également de contrôler l'embrasement instantané et de ne pas réchauffer les bordages déjà ployés. Aucune trace de brûlure n'a cependant été observée sous la coque de l'épave AR3, notamment en avant de l'emplanture de mât où se situe le départ de la levée avant.

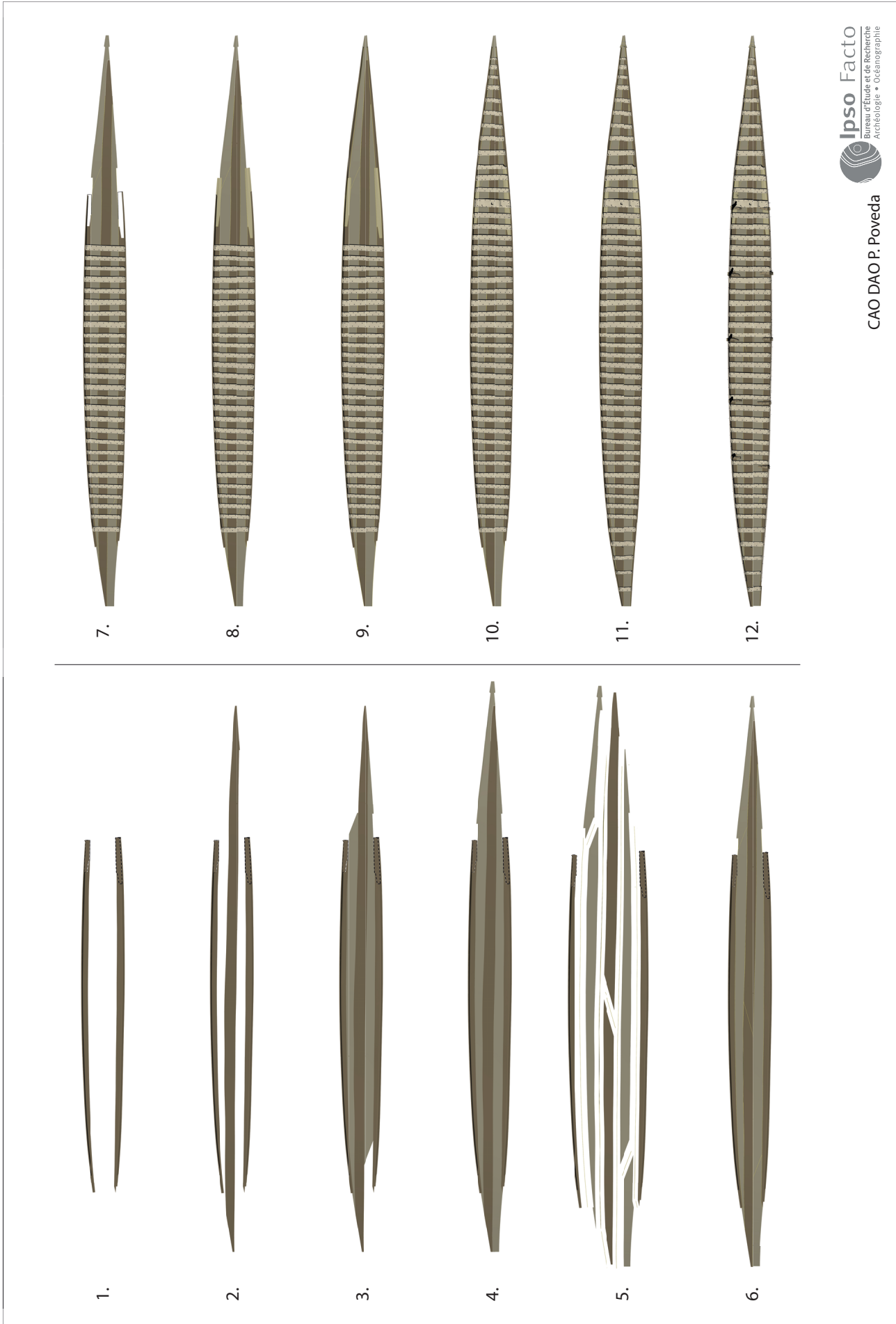


Fig. 261 : Les étapes de construction du chaland Artes-Rhône 3.

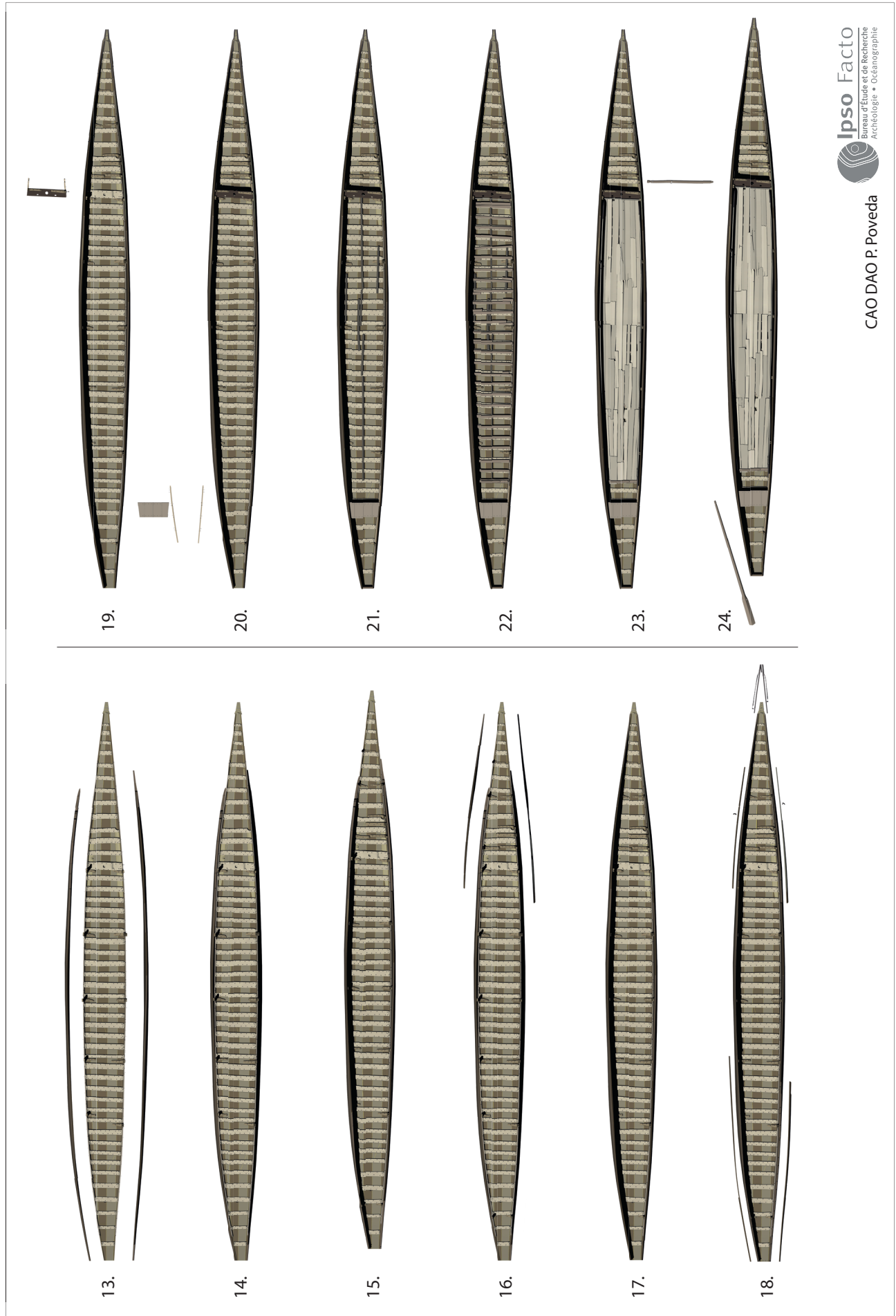


Fig. 261 (suite) : Les étapes de construction du chaland Arles-Rhône 3.

disposition du matériau d'étanchéité (tissus poissés) entre les cans des bordages avant leur réunion ; assemblage de B7 à BM1 au moyen d'un clou vertical enfoncé depuis l'extérieur de B7⁹⁹ (fig. 261, séquence 8).

15. Découpe de deux décrochés sur l'avant du bordage B8 pour lui donner une forme en pointe de flèche (fig. 261, séquence 8).

16. Façonnage des bordés monoxyles de transition BM3 et BM4. Disposition du matériau d'étanchéité (tissus poissés) et mise en place, sur l'avant, de BM3 et BM4, de part et d'autre de la coque ; sur l'arrière, découpe d'écarts de ces bouchains pour venir épouser la forme des bordages latéraux secondaires, B7 et B6, et venir à la rencontre des retours verticaux des bouchains BM1 et BM2 avec une liaison des retours verticaux de BM3 et BM4 à B7 et B6 au moyen de clous enfoncés verticalement¹⁰⁰ ; sur l'avant, arrêt du retour vertical de BM4 par une coupe franche qui vient buter contre le décroché taillé sur l'avant du bordage B8 (fig. 261, séquence 9).

17. Façonnage du bordage vertical BV3. Disposition du matériau d'étanchéité (tissus poissés) et mise en place de BV3, sur bâbord avant, dans le prolongement du retour vertical de BM3 avec blocage de l'écart à mi-bois BM3-BV3 par un clou enfoncé verticalement depuis l'intérieur ; assemblage au bordage de sole adjacent au moyen de clous enfoncés transversalement depuis l'extérieur de BV3 ; sur l'avant, arrêt de BV3 par une coupe franche qui vient buter contre le décroché taillé sur l'avant du bordage B8, en symétrie de BM4 (fig. 261, séquence 9).

18. Façonnage et mise en place des varangues, sur l'avant, de M126 à M141 avec fixation à la sole et aux bouchains au moyen de clous selon le même procédé que celui exposé précédemment (étape n° 12) (fig. 261, séquence 10).

19. Mise en place, sur l'extrémité de la proue, des planchettes transversales et de la pièce pyramidale (fig. 261, séquence 11).

20. Découpe des écarts sur l'extrémité arrière des bouchains BM1 et BM2 (fig. 261, séquence 11).

21. Façonnage des bordages verticaux BV1 et BV2. Disposition du matériau d'étanchéité (tissus poissés) et mise en place, sur l'arrière, de BV1 et BV2, participant des bouchains composés ; assemblage de BV1 et BV2 aux bordés monoxyles de transition BM1 et BM2 par des écarts à mi-bois bloqués par des clous enfoncés verticalement¹⁰¹ et aux bordages de sole adjacents par des clous enfoncés transversalement depuis l'extérieur de BV1 et BV2 (fig. 261, séquence 11).

22. Façonnage et mise en place, sur l'arrière, des varangues restantes, de M98 jusqu'à M95, avec fixation à la sole et aux bouchains au moyen de clous selon le même procédé que celui exposé précédemment (étape n° 12) (fig. 261, séquence 11).

23. Façonnage et mise en place des tasseaux sur le haut des bouchains, et en arrière des saillies en forme de pyramide tronquée taillées dans la masse des ressauts des extrémités des varangues, avec fixation aux bouchains au moyen de clous (fig. 261, séquence 12).

24. Façonnage et mise en place des courbes dans la partie centrale de la coque selon un angle d'ouverture prédéterminé en correspondance avec l'ouverture des bouchains ; fixation des courbes à la sole et aux bouchains au moyen de clous enfoncés uniquement depuis l'intérieur et avec les pointes rabattues sur l'extérieur de la sole (fig. 261, séquence 12).

25. Ployage et façonnage des bordés de flanc en demi-tronc principaux (F11 et F12), jusqu'à atteindre la courbure et l'angle de rétrécissement souhaités à la proue et à la poupe.

Levage vertical sur le chantier des bordés de flanc en demi-tronc principaux (F11 et F12)¹⁰² et pré-positionnement proche du bouchain pour ajustement des pièces par façonnage ; disposition contre les bordés monoxyles de transition et passage d'une scie égoïne entre les deux pièces ainsi accolées pour ajustement final ; disposition du matériau d'étanchéité (tissus poissés) entre le can extérieur des bouchains et la base des flancs avant leur réunion ; liaison de ces pièces, au moyen de clous, aux courbes (enfoncés depuis le dos des courbes), aux bouchains et aux tasseaux¹⁰³ ; découpe des écarts, sur l'avant des bordés de flanc en demi-tronc, pour la mise en place des pièces de bordé à la proue (fig. 261, séquence 13 et 14).

26. Même opération qui se répète, pour les extrémités avant avec l'insertion des courbes et la mise en place des bordés de flanc en demi-tronc F15 et F16 (fig. 261, séquence 15 et 16).

27. Mise en place de tout le système d'armatures métalliques de la proue (renforts latéraux sur F15 et F16 et longitudinaux sur le haut des bouchains) (fig. 261, séquence 17).

28. Façonnage et mise en place, sur l'avant et l'arrière du chaland, des planches de plat-bord sur le haut des bordés de flanc en demi-tronc auxquels ils sont fixés au moyen de clous enfoncés verticalement (fig. 261, séquence 17 et 18).

29. Blocage, sur l'avant, des écarts en adent pour la liaison des bordés de flanc en demi-tronc par des étriers en fer plat verticaux qui viennent enserrer, depuis le plat-bord, les pièces de flanc (fig. 261, séquence 17 et 18).

99. Bien que cela n'ait pas été observé, il devait en être de même pour la fixation de B6 à BM2, sur tribord.

100. Depuis l'extérieur pour la liaison de B7 à BM3 et depuis l'intérieur pour la liaison de B6 à BM4.

101. Depuis l'extérieur à bâbord (de BM1 vers BV1) et depuis l'intérieur à tribord (de BV2 vers BM2).

102. La mise en place des bordés après l'insertion des courbes se justifie en raison de leur poids (estimé pour F11 et F12, mesurant un peu plus de 26 m de long, à 1,210 tonnes pour le premier et 1,255 tonnes pour le second) qui nécessiterait, en l'absence de pièces de charpente internes permettant de les fixer dans leur partie haute, la mise en place d'un système trop complexe d'étais internes et externes à la coque.

103. Les clous sont enfoncés transversalement depuis le dos des courbes et sont le plus souvent à pointe perdue dans l'épaisseur des flancs ; ils sont enfoncés depuis la base externe des flancs pour la liaison aux bouchains sur l'intérieur desquels les pointes de clous sont rabattues ; et les clous sont enfoncés transversalement depuis le can interne des tasseaux en direction des flancs dans lesquels ils s'enfoncent à pointe perdue.

30. Façonnage et mise en place, sur l'avant, du complexe structurel lié à la réception du mât de halage (banc d'étambrai, pièces de support et courbes de maintien); tous ces éléments sont liés entre eux ainsi qu'aux bordés de flanc en demi-tronc au moyen de broches et de clous (fig. 261, séquence 19 et 20).

31. Façonnage et mise en place de la planche-support P1, sur tribord arrière, maintenue par des jambettes; la planche et les jambettes sont fixées au bordés de flanc en demi-tronc au moyen de clous enfoncés transversalement depuis l'intérieur (fig. 261, séquence 19 et 20).

32. La même opération a du être réalisée, en symétrie, sur bâbord arrière (non conservé), afin de recevoir des barrots encastrés dans les planches-supports (fig. 261, séquence 19 et 20).

33. Mise en place du fond du caisson (longerons, traverses et vaigres) (fig. 261, séquence 21, 22 et 23).

34. Épandage de poix, sur l'ensemble de la coque ainsi construite, à la fois sur l'intérieur et sur l'extérieur des bordés de flanc.

35. Mise en place des aménagements internes, sur l'arrière, ainsi que des cloisons latérales et des planches de fermetures transversales du caisson, dans la partie centrale. Tous ces aménagements sont entièrement amovibles (fig. 261, séquence 23).

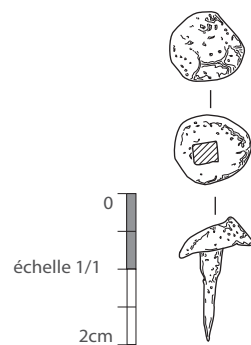
36. Mise en place du mât de halage et de la pelle de gouverne (fig. 261, séquence 24).

Il reste finalement à signaler, dans ce paragraphe consacré aux procédés de construction, qu'une série de petits clous en fer a été découverte sur les tronçons de l'épave. Les restaurateurs les ont remarqués sur le chantier de fouille-relevage, lors du démontage des tronçons, et ceux-ci étaient généralement plantés dans les tasseaux. En raison du temps très limité dont disposaient les archéologues pour assurer la documentation des tronçons avant leur découpage et démontage, peu d'attention leur a cependant été accordée. Lors du remontage du chaland, les restaurateurs ont à nouveau observé les mêmes types de petits clous. Quelques observations plus précises ont alors pu être faites. Ces clous, de très petites dimensions (diam. tête: 9 mm; longueur de la tige: 12 mm et section de la tige, sous la tête: 3 mm) (fig. 262), étaient plantés, toutes les deux à trois membrures, sur bâbord comme sur tribord, dans les ressauts des extrémités des varangues, entre les deux clous de fixation au bouchain (fig. 263). Leur fonction est énigmatique dans la mesure où il ne s'agit pas de clous d'assemblage. La seule hypothèse plausible est de voir dans ces clous des aides à la construction pour tendre des fils ou des cordelettes qui permettaient de vérifier l'alignement de certains éléments de construction ou marquer des repères.

Conclusion

L'étude architecturale et le déroulement des séquences de construction permettent de mettre en évidence un chaland qui relève d'une construction complexe et soignée. La construction est complexe au regard des écarts mis en œuvre entre les bordés monoxyles de transition et les bouchains composés, particulièrement au niveau de la levée de proue. En plus de témoigner d'une bonne maîtrise technique des assemblages, l'emploi de ces deux types de bouchain atteste également d'une connaissance et d'une pratique des deux types d'architecture, à coque monoxyle-assemblée et à coque assemblée. La construction est également soignée quand on songe à l'agencement parfaitement symétrique des structures de la coque (bouchains et bordés de flanc), d'un bord à l'autre, ou encore à la découpe des varangues.

Au-delà de la maîtrise des procédés de construction, révélateurs de pratiques parfaitement assimilées de longue date, le chaland *Arles-Rhône 3* témoigne aussi d'une conception élaborée avec une forme de coque fuselée et très étroite, singulière au sein de la batellerie gallo-romaine (*infra*, chapitre 9).



Dessin A. Véléva, Arkaios,
DAO M. El Amouri, Ipso Facto

Fig. 262 : Exemple de petit clou découvert planté dans les tasseaux ou dans les ressauts des extrémités des varangues de la coque du chaland (échelle1).



Fig. 263 : Vue de la localisation d'un petit clou (auquel il manque la tête) planté dans le ressaut d'une extrémité de varangue (S. Marlier).