

**Les modes de transport
dans l'Antiquité
et au Moyen Âge.
Mobiliers d'équipement
et d'entretien des véhicules
terrestres, fluviaux et maritimes**

Actes des Rencontres internationales Instrumentum.
Arles (FR, Bouches-du-Rhône)

Les 14-16 juin 2017,
Musée départemental Arles antique

Sous la direction de
Stéphanie Raux

avec la collaboration de
Giulia Boetto, Michel Feugère, Pierre Poveda,
Georges Raepsaet, Eric Rieth, Claude Sintès



Drémil-Lafage - 2021

Direction d'ouvrage

Stephanie Raux

Tous droits réservés
© 2021



Diffusion, vente par correspondance
Editions Mergoïl - 13 Rue des Peupliers - 31280 Drémil-Lafage
Tél : 0345440444 - e-mail : contact@editions-mergoil.com

ISBN : 978-2-35518-112-2
ISSN : 1278 - 3846

Aucune partie de cet ouvrage ne peut être reproduite sous quelque forme que ce soit (photocopie, scanner ou autre) sans l'autorisation expresse des Editions Mergoïl.

Mise en page : Thomas Sauvage - www.thomasauvage.com

T H O M A **S** A U V A G E
Graphiste - Directeur Artistique

Couverture : Stéphanie Raux/Editions Mergoïl

À gauche : carrus à roues pleines, colonne de Marc Aurèle, II^e s. (in M. Molin, fig. 1).

À droite en haut : charrette agricole, psautier de Luttrell, XIV^e s. (in Fl. Bardoneschi, fig. 2).

À droite en bas : chaland Arles-Rhône 3, I^{er} s. (in S. Marlier, J. Rossiaud, fig. 5).

Impression : Aquiprint

Dépôt légal janvier 2021

Sommaire

PRÉFACE
Claude Sintès Page 13

INTRODUCTION..... Page 15

PARTIE I

TRANSPORT TERRESTRE

Véhicules roulants à traction animale et montures

EKPHORÀ DEL DEFUNTO SUL CARRO NEI RITUALI
FUNERARI DELLA DAUNIA. IL VIAGGIO VERSO LA TOMBA
NELLA RAPPRESENTAZIONE ICONOGRAFICA E
MATERIALE TRA ETÀ CLASSICA E PRIMO ELLENISMO
Marisa Corrente, Rosanna Ciriello, Antonio Bruscella..... Page 19

QUELQUES ASPECTS TECHNIQUES DES VÉHICULES
ROULANTS D'ÉPOQUE ROMAINE
Michel Molin..... Page 33

LE VÉHICULE GALLO-ROMAIN DE CHÂTEAUMEILLANT (CHER)
Sophie Krausz, Gérard Coulon
avec la participation de Sophie Lacan Page 51

L'ATTELAGE À BRANCARDS ET À PETIT JOUG
DANS L'ANTIQUITÉ : UNE CURIOSITÉ GALLO-ROMAINE
OU UN SAUT TECHNOLOGIQUE ?
Georges Raepsaet, Annick Lepot..... Page 63

ÉLÉMENTS D'HARNACHEMENT ET D'ATTELAGE EN LIEN
AVEC L'EXTRACTION DE MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION
SUR LE SITE DU 22 RUE LECOINTRE À REIMS (MARNE, 51)
Anne-Laure Brives Page 77

LE VÉHICULE DE LA DOMUS DU « 3 PLACE LUCIEN AUVERT »
À MEULUN (SEINE-ET-MARNE)
Luc Leconte..... Page 89

LE TRANSPORT TERRESTRE DURANT L'ANTIQUITÉ
ENTRE LANGRES/ANDEMATUNUM, BESANÇON/VESONTIO
ET CHALON-SUR-SAÔNE/CABILLONUM :
ATTELAGE ET VÉHICULE
Bérangère Fort, Marie-Agnès Widehen..... Page 101

UNE CHARRETTE DU XI ^E -XIII ^E SIÈCLE DANS LES HAUTES FAGNES EN BELGIQUE : ARCHITECTURE, MATÉRIAUX, TECHNIQUES <i>Marie-Hélène Corbiau</i>	Page 157
LES VÉHICULES TRACTÉS PAR DES CHEVAUX EN MILIEU AGRICOLE. REGARDS CROISÉS ENTRE MEUSE ET LOIRE (XII ^E -XVI ^E S.) <i>Floriana Bardoneschi</i>	Page 165
STOP & GO. MEN, ANIMALS AND VEHICLES AT ROMAN ROAD STATIONS IN GAUL <i>Cristina Corsi</i>	Page 181
GARNITURES DE HARNAIS DANS LES COLLECTIONS DU FORUM ANTIQUE DE BAVAY-MUSÉE ARCHÉOLOGIQUE DU DÉPARTEMENT DU NORD <i>Laure de Chavagnac</i>	Page 195
GALOPPO AL TRAMONTO: I CAVALLI BARDATI DI CAMPOCHIARO (MOLISE-CB) <i>Isabella Marchetta</i>	Page 235
LE HARNAIS DE TRACTION À PLAQUETTES, UN HARNACHEMENT MILITAIRE ? INVENTAIRE, TYPOLOGIE ET NOUVEL EXAMEN <i>Anika Duvauchelle, Michael Brunet</i>	Page 245
DE SENALS E DE CASCAVELS. ORNER LE HARNACHEMENT DES ÉQUIDÉS À LA FIN DU MOYEN ÂGE (XIII ^E -XV ^E SIÈCLE) DANS LE SUD-EST DE LA FRANCE <i>Olivier Thuaudet</i>	Page 265

PARTIE II

TRANSPORT FLUVIAL ET MARITIME

Bateaux de navigation intérieure et navires de mer

LYON SAINT-GEORGES 4 : ENTRETIEN D'UN CHALAND GALLO-ROMAIN DU II ^E SIÈCLE APRÈS J.-C. <i>Marc Guyon</i>	Page 285
--	----------

<p>TRACTION ET DIRECTION DES CHALANDS ET DES BARQUES FLUVIALES SUR LE RHÔNE, DANS L'ANTIQUITÉ ET AU MOYEN ÂGE D'APRÈS LES SOURCES ICONOGRAPHIQUES, ÉCRITES ET ARCHÉOLOGIQUES <i>Sabrina Marlier, Jacques Rossiaud</i>Page 291</p>	Page 291
<p>LES PIROGUES MONOXYLES DÉCOUVERTES DANS LE DÉPARTEMENT DE L'ALLIER : DESCRIPTIONS, TYPOLOGIES, DATATIONS ET FONCTIONS <i>François Blondel, Eric Yeny</i>.....Page 303</p>	Page 303
<p>OBJETS DE NAVIGATION MARITIME SUR LE SITE DU PRÉ-AUX-PÊCHEURS À ANTIBES (F, 06) <i>Stéphanie Raux, Isabelle Daveau, Giulia Boetto</i>Page 321</p>	Page 321
<p>LES ANCRES À JAS DE L'ANTIQUITÉ AU DÉBUT DU MOYEN ÂGE SUR LE LITTORAL FRANÇAIS : PREMIÈRE APPROCHE <i>Marine Sadania</i>Page 341</p>	Page 341
<p>L'ÉPAVE <i>MÈDES 1</i> (PORQUEROLLES, I^{ER} S. AV. J.-C.) ET SON SYSTÈME D'ÉPUISEMENT DES EAUX DE SENTINE <i>Alex Sabastia</i>.....Page 357</p>	Page 357
<p>MEZZI, VIE E TEMPI DEL TRASPORTO DELLA PIETRA NELL'ALTO ADRIATICO IN ETÀ ROMANA : IL CASO DI AQUILEIA <i>Caterina Previato, Arturo Zara</i>Page 369</p>	Page 369
<p>L'ART DE RÉPARER ET D'ENTREtenir LES NAVIRES MÉDITERRANÉENS : DE L'ANTIQUITÉ AU HAUT MOYEN ÂGE <i>Marie-Pierre Jézégou, Hélène Chaussade</i>Page 385</p>	Page 385
<p>INVENTAIRE ET ILLUSTRATIONS DU <i>SAINCT MICHEL</i>, LA NEF DU TRÈS RIDOULTÉ SEIGNEUR MONSIEUR DE CALABRE (1479) <i>Philippe Rigaud</i>.....Page 405</p>	Page 405
<p>LE MOBILIER D'ACCASTILLAGE ET D'ÉQUIPEMENT DES NAVIRES ANTIQUES DU DELTA DU RHÔNE À L'ÉPOQUE ROMAINE : UNE ÉTUDE EN COURS <i>Sabrina Marlier, Sandra Greck, Marine Sadania</i>Page 419</p>	Page 419

■
Marie-Pierre JÉZÉGOU, Hélène CHAUSSADE

L'art de réparer et d'entretenir les navires méditerranéens : de l'Antiquité au haut Moyen Âge

RÉSUMÉ

Étudier la réparation et l'entretien des navires antiques en Méditerranée consiste à interroger les traces qui matérialisent ces interventions réalisées après le lancement du navire et à s'attacher à les distinguer d'éventuelles actions de renforcement durant la construction ou de remploi d'éléments démontés d'un autre navire. Les outils ainsi que les réserves de matériaux embarqués à bord constituent également des témoignages indirects de ces pratiques. Il convient de distinguer les travaux qui pouvaient être réalisés sur les bateaux à flot de ceux qui nécessitaient de tirer les navires au sec. L'entretien des navires soulève également la question de la durée de leur utilisation au regard de leur fonction et de l'espace de navigation dans lequel ils se meuvent.

Mots-clés : réparations, entretien, construction navale, Antiquité, Méditerranée

SUMMARY

To study the repair and maintenance of ancient ships in the Mediterranean consists in questioning the traces which materialize these interventions carried out after the launching of the ship and to try to distinguish them from possible reinforcement actions during the construction or from reuses of elements dismantled from another ship. The tools and stores of materials on board are also indirect evidence of these practices. A distinction should be made between work that could be carried out on vessels afloat and work that required hauling the vessel out. Vessel maintenance also raises the question of the duration of use of vessels in relation to their function and the navigation space in which they move.

Keywords: *repairs, maintenance, shipbuilding, Antiquity, Mediterranean*

Malgré l'essor de l'archéologie navale dû au développement de l'archéologie sous-marine dans la deuxième moitié du XX^e siècle, l'observation des réparations réalisées sur les coques des navires antiques n'a pas souvent fait l'objet de développements spécifiques dans les publications. Il a fallu attendre un article de J.R. Steffy, à propos du bateau de Kyrenia, dont le naufrage est daté du début du III^e s. av. n. è. pour que cet aspect soit abordé en détail (Steffy 1985a). Dans une publication ultérieure, ce même chercheur développe une présentation conceptuelle du sujet grâce à des comparaisons diachroniques. À partir de l'étude des épaves de Kyrenia, Kinneret (datée du tournant de l'ère) et Serçe Liman (XI^e s. de n. è.), ce chercheur pose l'hypothèse d'une interaction entre les principes et les procédés de construction d'une part, et les techniques de réparation mises en œuvre d'autre part (Steffy 1999).

Bien souvent, sur les épaves découvertes en milieu immergé, faute d'amples démontages, les observations sur les réparations restent ponctuelles, au gré des portions de coque explorées soit *in situ*, soit après démontage partiel. En revanche, les fouilles d'épaves qui se développent en milieu terrestre depuis la dernière décennie du XX^e siècle permettent de renouveler et de systématiser cette étude des réparations. La récente fouille de l'épave de Mandirac à Narbonne (début du V^e siècle), grâce au démontage complet d'un flanc incluant la quille, a permis de mettre en évidence des remplois d'éléments de charpente démontés d'une précédente embarcation et des réparations réalisées tout au long de son utilisation (Jézégou 2015). Sans démontage, il aurait été malaisé de faire une distinction entre remplois lors de la construction et réparations pour l'entretien.

Notre étude aborde aussi la relation entre la nature de la réparation et le lieu dans lequel elle a été effectuée. Les réparations qui concernent la quille, les membrures ou les bordages des œuvres vives nécessitent des installations à terre afin de tirer le navire au sec¹. On ne peut pas exclure la pratique de l'abattage en carène dans l'Antiquité bien qu'il s'agisse d'une méthode dont la mise en œuvre est complexe surtout pour les grosses unités². D'autres réparations plus modestes peuvent être réalisées à l'aide d'outils embarqués et dont plusieurs exemplaires ont été découverts dans les épaves. Ces réparations peuvent être réalisées à bord durant la navigation ou au mouillage ou encore dans un port.

1 À ce sujet, un règlement du port de Kaunos en Carie, daté du II^e s. de n. è. établit une distinction entre les navires qui accèdent au port pour quelques heures, ceux qui accostent pour faire du commerce et les navires ayant besoin d'un abri ou d'une remise en état (Arnaud 2011, 63, note 45).

2 L'abattage en carène permet d'accéder aux œuvres vives d'un bateau sans avoir à le sortir de l'eau. Il consiste à coucher un bâtiment sur le côté et à le maintenir dans cette position au moyen de cordages fixés en haut du mât, afin d'accéder au flanc ainsi émergé. Cette méthode a été abondamment pratiquée jusqu'au XIX^e siècle : Bonnefoux et Paris 1980.

Enfin, il est probable que l'ampleur et la fréquence des réparations permettent d'augmenter considérablement la durée d'utilisation des navires, tout particulièrement celle des embarcations de servitude qui évoluent dans des espaces de navigation restreints et protégés. En effet, la longévité de ces embarcations portuaires a pu dépasser celle que l'on perçoit à travers les sources écrites modernes pour les navires maritimes (environ une trentaine d'années, Pomey, Rieth 2005, 142). Un document antique est à ce propos particulièrement intéressant. Il s'agit d'un contrat de *misthoprasia* daté de 212 de n. è.³, qui révèle un achat «en leasing», entre quatre individus qui mettent dix-sept ans à payer la construction d'un bateau avant d'en acquérir la pleine jouissance pour cinquante ans. Plus explicite encore, un passage du *Digeste*⁴ qui statue que «... de la même façon, un navire qui aurait été si souvent réparé qu'aucune planche de bordé ne subsisterait qui n'ait été remplacée, on pense qu'il reste néanmoins le même navire».

Cette étude n'a pas pour objectif de dresser un catalogue exhaustif des réparations décelées sur les épaves antiques de Méditerranée, mais d'en suggérer la diversité. Nous distinguerons deux types d'interventions : d'une part les remplacements d'éléments constitutifs de la charpente, d'autre part les réparations plus ponctuelles (consolidation, traitement des nœuds et des fissures, insertion de renforts et reprise d'étanchéité). Enfin nous présenterons les outils et les matériaux embarqués pour réaliser ces tâches à bord. Les réparations concernant le grément ne seront pas prises en compte car, bien souvent, les divers éléments qui le composent ne sont pas conservés.

1. LES CHANGEMENTS DE PIÈCES MAÎTRESSES DE LA CHARPENTE

1.1. Les quilles et les fausses quilles

Nous avons choisi d'inclure les fausses quilles dans cette partie car, bien qu'elles ne puissent pas être considérées comme des pièces maîtresses de la charpente axiale, leur réfection implique que l'on soit obligé de tirer les navires au sec afin de les mettre sur cales ou de les abattre en carène.

• 1.1.1. L'épave hellénistique de Kyrenia

Il s'agit de la plus ancienne épave de notre corpus et celle dont on dispose de plus de détails en ce qui concerne les réparations (Steffy 1985a ; 1994 ; 1999). L'embarcation a coulé au début du III^e s. av. n. è., mais sa construction est à situer dans le courant du IV^e siècle. Les nombreuses réparations ont permis d'envisager une longue période d'utilisation (Steffy 1985a, 95 ; 1994, 56), de l'ordre de

3 <http://papyri.info/ddbdp/p.lond;3;1164>, plus précisément la ligne 6 : Arnaud 2011, 72.

4 *Digeste*, 5.1.76 (Alfenus, 6 Dig.) : « *Itemque nauem si adeo saepe refecta esset, ut nulla tabula eadem permaneret, quae non noua fuisset, nihilominus eadem nauem esse existimari* ». Information aimablement communiquée par P. Arnaud.

80 ans (Katzev 1972, 52). La quille, qui présentait un fort contre-arc, s'est fissurée en arrière du mât, au niveau de la membrure 31. Ce dommage a été réparé de manière sommaire. La fausse-quille qui avait pour fonction de protéger la quille contre les talonnages et les éventuels échouages a été démontée et une portion de la face inférieure de la quille a été ôtée, de part et d'autre de la fissure. Une pièce de bois épaisse seulement de 4,8 cm et longue de 84,3 cm a été introduite approximativement dans l'espace ainsi libéré et au préalable enduit de poix, afin de consolider la fissure par-dessous. L'épaisseur de cette pièce de renfort correspond à environ un quart de la hauteur totale de la quille et elle n'est pas parfaitement centrée⁵. Cette pièce a été ensuite clouée sur la quille au moyen de trois clous en cuivre, un à chaque extrémité et un au centre. La fausse quille a été réinstallée ou, plus vraisemblablement, remplacée par une nouvelle (Steffy 1999, 396 ; 1985a, 97 ; 1994, 54). J.R. Steffy a démontré que l'insertion de cette pièce de renfort sur la quille a été effectuée lors d'une ultime phase de « carénage » du navire. Ensuite, la coque enduite d'un mélange de feuilles d'agave⁶ et de poix (Steffy 1985a, 99) a été recouverte d'un doublage de plomb. On retrouve ce mélange dans la réparation de la quille.

À d'autres endroits, sur la face inférieure de la quille, la présence de traces de chevilles surnuméraires, tantôt rondes, tantôt carrées, sans correspondance sur la face supérieure de la fausse quille, montre que plusieurs portions de cet élément ont été changées lors de deux interventions distinctes (Steffy 1985a, 75, fig. 3, C ; 1999, 397).

• 1.1.2. L'épave romano-républicaine de la Madrague de Giens

Sur l'épave de la Madrague de Giens, datée de la fin de la première moitié du I^{er} s. av. n. è., P. Pomey a observé qu'une partie de la quille et les premières virures des fonds ont été changées (Liou, Pomey 1985, 565). C'est peut-être lors de cette intervention que certaines varangues ont été reliées à la quille par des broches métalliques (Pomey 2011, 55) afin d'en renforcer la cohérence. En effet, le navire de la Madrague de Giens, comme celui de Kyrenia, entre dans la catégorie des coques dites « à retour de galbord » qui se développent aux époques hellénistique et romano-républicaine. Cette forme de coque, plus sophistiquée, offre de meilleures qualités nautiques (Pomey 2011, 53)⁷ mais présente une certaine fragilité

5 L'élément de réparation est en pin alors que la quille est en chêne.

6 L'agave est une plante qui possède une grande quantité de sucre. Ceci n'est pas sans rappeler l'utilisation traditionnelle d'une pâte composée de figues confites au soleil pour réparer les fissures des coques des barques en bois modernes du littoral dalmate : Boetto *et al.* 2012, note 108.

7 Le fond pincé forme un plan de dérive qui augmente la stabilité et les performances notamment par vents de travers ou au près.

structurale car la quille est plus exposée aux chocs, surtout latéraux (Pomey 2002, 11)⁸.

• 1.1.3. Les épaves de l'Antiquité tardive *Dor 2001/1*, *Héliopolis 1* et *Fiumicino 1*

Sur l'épave *Dor 2001/1*, datée par ¹⁴C entre 420 et 540 de n. è., un prélèvement de quille de 1,8 m de longueur a été effectué au cours des fouilles, afin d'être étudié en laboratoire. Il a révélé la présence d'une réparation située entre la quille et le brion d'étambot, probablement en remplacement d'une enture. La réparation est d'un bois différent, le tamaris, par rapport à la quille qui est débitée dans de l'orme. De nombreux restes de clous sont visibles de chaque côté de la quille et de la pièce de remplacement. La fausse quille qui vient protéger la réparation est plus large que la quille et sa largeur excède même celle de la réparation (Mor 2010, 88).

La jonction entre la quille et le brion était réalisée par un écart simple et des clous (Kahanov, Mor 2014, 64). Une nouvelle pièce a été ajoutée afin de renforcer l'écart. Comme il n'était pas possible d'introduire la nouvelle pièce par-dessous, il a fallu l'insérer par le côté. Cet écart a ensuite été consolidé en fixant latéralement des planches de renfort de chaque côté de la quille et sous les galbords (Mor 2010, 88 ; Kahanov, Mor 2014, 64).

Pour effectuer cette réparation, il a peut-être été nécessaire de déposer les membrures qui se trouvaient à proximité. Ceci expliquerait le fait que trois membrures dans cette zone n'étaient pas reliées à la quille⁹ et qu'une quatrième était assemblée au moyen d'une broche mise en place par l'extérieur (Mor 2010, 88).

La pièce de renfort était elle-même un remploi comme le montrent plusieurs broches et clous sans fonction dont un perçage inutilisé et d'un diamètre exceptionnel. La fausse quille a été soit changée soit mise en place pour la première fois pour protéger cette réparation et recevoir les planches latérales de confortement. Pour faciliter la mise en place de la fausse quille, les têtes de broches du massif ont été arasées (Kahanov, Mor 2014, 64).

Pour l'épave *Héliopolis 1*, datée du début du V^e siècle, nous disposons de moins de détails. Néanmoins le remplacement d'une partie de la quille, sur une longueur d'environ 60 cm, a été suggéré. Il est situé dans le prolongement d'un fragment monoxyle mais séparé de

8 Si la quille est étroitement reliée au bordé, elle reste indépendante des membrures, y compris des varangues.

P. Pomey a montré que sur les quatorze épaves à retour de galbord examinées dans le cadre d'un programme de recherches consacré aux études dendrochronologiques des bois de charpente navale, cinq avaient perdu leur quille à la suite d'un choc avec un récif, probablement cause du naufrage (Pomey 2002, 11) : il s'agit des épaves *Pomègues*, *Plane 1*, *Caveaux 1*, *Baie de Briande* et *Chrétienne A*. Sur les neuf autres, aucune observation n'a porté sur d'éventuelles réparations de quille.

9 Bien que le navire *Dor 2001/1* soit construit sur couple et non pas sur bordé et que toutes les autres membrures soient assemblées à la quille.

ce dernier par un hiatus¹⁰. Deux fragments de bois sont assemblés par un trait de Jupiter sans clé de blocage. La zone de recouvrement est anormalement courte¹¹. Une grosse broche en fer réunit les deux éléments de l'enture. Uniquement à l'emplacement de ce qui peut être considéré comme une réparation, le galbord n'est pas relié à la quille par des tenons et mortaises et des clous, mais seulement par des clous. Immédiatement après cet ensemble de pièces, un autre assemblage en trait de Jupiter est particulièrement bien conservé (Joncheray, Joncheray 1997a, 160-161).

Sur l'épave *Fiumicino 1*, une *navis caudicaria* datée entre la fin du IV^e et le début du V^e siècle¹², G. Boetto a mis en évidence la substitution, à l'époque antique, de la quille et du galbord bâbord. La quille est dépourvue, de chaque côté, de chevilles de verrouillage des tenons qui assurent la liaison avec les galbords. Ces tenons, en revanche, sont verrouillés le long du galbord tribord tandis que les languettes du galbord bâbord ne sont pas chevillées. Aucun assemblage n'est présent entre ce galbord bâbord et le ribord hormis quelques tenons sporadiques vers l'avant. Enfin, un clouage tangentiel effectué à partir de la face interne des galbords, est venu renforcer le fond de la carène (Boetto 2008, 40-41, fig. 14 et 16-17).

• 1.1.4. Autres interventions sur les quilles

Sur l'épave *Dor 2001/1*, on a observé la présence d'une cavité rectangulaire mesurant 7x8 cm et traversant la quille de part en part. À l'intérieur, se trouvait encore une pièce de bois qui aurait pu servir de montant soit pour hisser le navire au sec soit pour en faciliter la mise à l'eau (Kahanov, Mor 2014, 42, fig. 4, 45). Une encoche similaire avec une pièce traversante a été découverte sur l'épave du milieu du II^e s. de n. è de Grado qui ne présente pas, en revanche, de trace de réparation au niveau de la quille (Beltrame, Gaddi 2007, 139).

Il est impossible à ce stade de déterminer si ces cavités munies de traverses sont à mettre en relation avec des réparations ou si elles ont servi lors de la construction du navire.

Sur plusieurs épaves, des traces de plomb ont été retrouvées sur la quille. Dans le cas de l'épave *Port-Vendres 1* (début du V^e siècle) des feuilles semblent protéger latéralement les deux entures unissant les brions d'étrave et d'étambot à la quille (Liou 1974, 417, fig. 6, 421) comme l'indiquent les traces de clous utilisées pour leur fixation (Boetto *et al.*, 2012, 125). Il est impossible de savoir si ces feuilles en plomb ont été ajoutées a posteriori en tant que réparations, ce qui aurait nécessité une mise au sec du navire, ou s'il s'agit d'une protection installée dès la construction.

10 Le bois présente des traces d'arrachement.

11 De l'ordre de 21 cm.

12 L'épave a été découverte en 1960 mais elle n'a été étudiée que 40 ans plus tard. Entre temps, elle a été prélevée et restaurée.

Sur l'épave de la Calanque de l'Âne (Marseille, fin du I^{er} s. de n. è.) une plaque de plomb aurait été découverte sous le bordé, au contact avec la quille, sur une surface d'un mètre carré environ¹³. On a aussi noté la présence de vingt-sept clous en fer enfoncés de l'extérieur et traversant les membrures. Il est difficile d'interpréter la fonction de cette plaque qui couvre une aussi grande surface¹⁴. Les feuilles de plomb de *Port-Vendres 1* et de l'épave *Calanque de l'Âne 1* ne doivent pas être confondues avec les semelles en plomb de protection de la quille dont la fonction est de permettre de tirer au sec les petites embarcations, en bord de plage, comme cela a été observé sur la quille de l'épave de la Conque des Salins à Mèze (Jézégou 2011, 171, fig. 5, 172)¹⁵.

En ce qui concerne les réfections de quille, on constate que les charpentiers de marine de l'époque hellénistique jusqu'à la fin de l'Antiquité tardive se sont trouvés confrontés aux probables effets d'arc et de surtout de contre-arc subis par les quilles, notamment en raison du poids du mât et de ses appareils (Romme 1813, 184). Ces réparations peuvent également résulter d'autres avaries en particuliers de talonnages lors de la navigation. Toutefois, le corpus d'épaves à notre disposition ne permet pas de distinguer des évolutions significatives dans les réparations concernant la charpente axiale des navires. La réparation sommaire effectuée sur la quille de l'épave de Kyrenia est probablement renforcée par le doublage de plomb de la partie immergée qui englobe la quille. Sur *Dor 2001/1*, la réparation de la quille a été réalisée à partir d'une pièce de remploi et une fausse quille est venue renforcer l'ensemble.

1.2. Les réparations du bordé

Nous ne prendrons pas en compte dans cette étude les navires dont le bordé est assemblé au moyen de ligatures¹⁶, mais seulement ceux dont le bordé est assemblé par des languettes chevillées dans des mortaises. La construction gréco-romaine sur bordé qui consiste en un assemblage préalable de l'enveloppe extérieure du navire après la mise en place de la quille et de ses prolongements avant et arrière nécessite une connexion entre chaque virure constituant le bordé. En revanche, dans la construction sur squelette, les membrures sont mises en place et assemblées sur la quille avant la pose du bordé et les virures sont simplement clouées sur les membrures.

Nous tenterons de voir si le principe retenu pour la conception des formes et la construction du navire a une

13 On utilise le conditionnel car cette information se trouve dans les rapports de fouille uniquement et n'est pas reprise dans les publications : M. Moerman, *L'épave de la Calanque de l'Âne 1. Rapport de fouille 1997*, 23-24 (conservé au DRASSM).

14 Les réfections d'étanchéité que nous aborderons dans la partie suivante couvrent parfois des surfaces aussi grandes mais de manière discontinue.

15 Ces semelles de plomb enveloppent uniquement la quille sur une partie de sa longueur, à l'extrémité avant.

16 Car elles relèvent d'une autre tradition architecturale

incidence ou non sur la manière d'insérer les virures de remplacement et de les assembler aux membrures.

• 1.2.1. L'épave de Kyrenia

L'étude minutieuse et systématique réalisée sur cette épave nous incite à la prendre comme modèle pour décrire certains des modes opératoires qui relèvent de la réparation du bordé. Côté bâbord, à l'avant du navire, l'assemblage entre les virures 7 et 8 a dû être réparé sur une certaine longueur. Il n'a pas été nécessaire de changer complètement les bordages des deux virures concernées. Les assemblages entre les virures 7 et 6 d'une part et 9 et 8 d'autre part n'ont pas été modifiés. En revanche, les bordages des virures 7 et 8 concernés ont été découpés longitudinalement en leur centre, de part et d'autre du joint et les parties endommagées ont été retirées. Les nouveaux cans ont été taillés en biseau évasé vers l'extérieur. Les anciennes mortaises subsistant en partie ont été débarrassées des fragments de languettes qu'elles abritaient et recréusées jusqu'à atteindre une profondeur d'environ 8 cm. Une nouvelle planche a été façonnée pour s'adapter exactement à l'espace ouvert entre les virures 7 et 8 ; l'emplacement des mortaises à y découper a été tracé sur la face externe et les mortaises ont été creusées dans les deux cans. Toutefois, il devenait impossible, faute de place suffisante, d'insérer les languettes dans les mortaises des deux planches adjacentes. C'est la raison pour laquelle, des ouvertures carrées ont été découpées sur la face interne de la planche de remplacement, dans le prolongement des mortaises, le long d'un des deux cans. Lorsque les mortaises coïncidaient avec le passage d'une membrure, ces ouvertures ont été découpées sur la face externe. Ensuite, cette planche a été emboîtée sur les languettes saillantes de ce qui restait de la virure 7 et insérée en force contre les membrures et le long de la virure 8. Des languettes courbes¹⁷ ont alors été enfoncées à travers les fenêtres pratiquées à la surface de la planche de remplacement pour relier celle-ci à la virure 8 résiduelle. Les languettes ont ensuite été bloquées à l'aide de petites chevilles qui, comme dans la construction initiale, ont été mises en place de l'intérieur, sauf lorsqu'elles devaient se trouver sous le passage d'une membrure. Dans ce cas, elles ont été mises en place de l'extérieur. La planche de remplacement a ensuite été clouée sur les membrures comme dans la construction d'origine (Steffy 1994, 56)¹⁸.

D'autres bordages des virures (notamment les virures 3, 4 et 5 tribord) ont été aussi complètement remplacés. Les charpentiers ont utilisés la même méthode déjà décrite faisant appel à des languettes courbes insérées

17 Ces languettes, de forme courbe afin de faciliter leur insertion en oblique, sont appelées « patch tenons » par J.-R. Steffy. Dans la suite de cet article, nous les appellerons « tenons de réparation » selon l'appellation qui leur a été donnée en français mais nous attirons l'attention du lecteur sur le fait que ces pièces sont entièrement mobiles contrairement à ce que le vocable « tenon » pourrait laisser entendre.

18 Avec la précision suivante : dans la construction d'origine, c'est la membrure qui est clouée sur les virures.

majoritairement de l'intérieur sauf au niveau du passage des membrures (Steffy 1985a, 97). Enfin une variante de cette méthode a été observée pour le remplacement intégral de la virure 11 à bâbord, comprise entre deux préceintes. L'ancienne virure endommagée a été ôtée tout en laissant en saillie tout ou partie des languettes en place sur la préceinte inférieure. Il était ainsi aisé d'emboîter les bordages mortaisés de la virure de remplacement sur ces languettes en saillie (Steffy 1999, 398). Pour l'assemblage de la virure de remplacement à la préceinte supérieure, une feuillure a été découpée sur la face externe de la nouvelle virure. Dans cette feuillure, des mortaises ont été taillées en formant un angle leur permettant de coïncider avec les mortaises taillées dans le can de la préceinte supérieure. Une fois la virure de remplacement encastrée dans son logement, il ne restait plus qu'à chasser des languettes rectangulaires dans les mortaises de la feuillure jusqu'à ce qu'elles s'y placent correctement (Steffy 1985a, fig. 8, 84). Dans la mesure du possible, les languettes ont été chevillées, la virure a été clouée sur les membrures et la feuillure a été remplie de poix (Steffy 1999, 398).

• 1.2.2. Changements de virures par tenons de réparation sur le modèle de l'épave de Kyrenia

Depuis la publication de l'épave de Kyrenia, les mentions de changements de virures au moyen de tenons de réparations insérés depuis des fenêtres ouvertes sur la face interne et/ou externe des nouvelles planches se sont multipliées. Compte tenu de la documentation disponible, il n'est pas toujours aisé de savoir si le recours à des ouvertures sur la surface externe des virures résulte de l'impossibilité d'accéder à la face interne, en raison d'un passage de membrure, comme cela a été observé sur l'épave de Kyrenia (Steffy 1985a, 97). Dans certains cas, nous avons la certitude que les fenêtres permettant le passage des tenons de réparation n'ont été ouvertes que sur les faces externes¹⁹, comme pour la barque d'Herculanum qui se trouvait sur la plage face à cette ville au moment de l'éruption du Vésuve en 79²⁰. C'est aussi le cas de l'épave de Grado (Beltrame, Gaddi 2007, 144) sans que l'on sache à quel niveau de l'élévation du navire se situent ces réparations. Ici les tenons de réparation sont bloqués par des chevilles sur la virure de remplacement elle-même. On retrouve cette méthode sur des épaves plus tardives. Sur l'épave *Jules Verne 1-2* (IV^e siècle), les réparations affectent la muraille (Pomey 1995, 460). Des fenêtres externes ont également été détectées sur l'épave *Port-Vendres 1*²¹. À l'occasion du réexamen des

19 Alors qu'aucune fenêtre n'a été détectée sur les faces internes.

20 J. R Steffy observe que les ouvertures pratiquées au dos des virures peuvent se trouver entre les membrures : Steffy 1999, 398.

21 L'hypothèse d'un changement de deux virures avait été émise par Michel Rival (1991, 267-296) en raison de l'utilisation d'olivier, un bois très mal adapté à la fabrication de virures, alors que l'ensemble du bordé était débité soit dans du cyprès soit dans du pin d'Alep.

vestiges de cette épave²², nous avons pu observer que plusieurs bordages de virures, répartis entre les fonds et la muraille, présentent des fenêtres ouvertes sur leur face externe²³, associées à la présence de tenons de réparation à l'intérieur (fig. 1). Ces tenons sont bloqués par des chevilles²⁴. Enfin, la présence de traces de lutage²⁵ observées sur le can d'une virure présentant également une cheville de blocage enfoncée de l'extérieur (Liou 1974, fig. 7, 422) pourrait être mise en relation avec une action de réparation. La dernière épave présentant des tenons de réparation chevillés et mis en place uniquement depuis l'extérieur est l'épave de Pakoštane (fin IV^e ou début du V^e siècle) (Boetto *et al.* 2012a, 123, fig. 45, 124)²⁶.

L'insertion de tenons de réparation depuis la face interne des virures de remplacement a été observée sur plusieurs épaves²⁷. Sur certaines, mais pas sur toutes, les languettes sont bloquées par des chevilles sur les virures de remplacement et sur les virures adjacentes²⁸. Sur *Barthélémy B* (I^{er} siècle), le chevillage est réalisé sur la virure d'origine. En revanche sur la virure de remplacement, le tenon de réparation est suffisamment épais, à l'endroit où il vient se bloquer dans la fenêtre, pour qu'il ne soit pas nécessaire de le verrouiller par une cheville. En effet, il occupe tout l'espace ouvert dans la fenêtre. Les fenêtres sont majoritairement ouvertes à l'intérieur, mais au passage des membrures, l'insertion a été réalisée de l'extérieur (Joncheray, Joncheray 2004, 46-47).



Fig. 1 : Épave Port-Vendres 1. Fenêtre ouverte sur la face externe de la troisième virure bâbord et destinée à l'insertion d'un tenon de réparation. Le passage de la cheville de blocage est visible dans la fenêtre. Cliché : M.-P. Jézégou, RASSM.

• 1.2.3. Changements de virures uniquement par clouage sur les membrures

Sur l'épave *Jules Vernes 3*, un bateau utilisé pour l'entretien du port de Marseille dans la première moitié du II^e siècle (Pomey 2014), les virures de remplacement, toutes situées à la hauteur du bouchain, sont simplement clouées sur les membrures (Pomey 1995, 465). Il s'agit de la plus ancienne épave de notre corpus sur laquelle le clouage est utilisé seul.

L'épave *Mandirac 1* correspond à une embarcation de servitude, une allège utilisée dans le chenal portuaire de Narbonne pour transférer les marchandises des navires de tonnage plus important, restant à l'embouchure, vers les entrepôts urbains. Elle a été construite selon le principe gréco-romain sur bordé. L'analyse du flanc tribord qui a été complètement démonté, n'a pas mis en évidence des virures ayant été intégralement remplacées. Seuls des bordages de virure ou des portions de bordages ont fait l'objet de réparations (fig. 2). Elles sont principalement localisées au niveau du bouchain²⁹ ou près de la quille³⁰ qui sont les zones les plus fragiles. Ainsi les joints entre les virures 5 et 6 et entre les virures 8 et 9 ont partiellement fait l'objet de réparations. Le bordage 6a a été grossièrement découpé longitudinalement, à mi largeur à la scie, entre les membrures 13 et 19, afin de retirer la partie en contact avec la virure 5. Une planche de remplacement a été façonnée tout aussi grossièrement et, après avoir été enduite de poix sur les cans, elle a été introduite entre la virure 5 et ce qui restait de la virure 6. Le même type de réparation a été observé, mais sur une plus courte distance, entre les virures 7N et 8N. En ce qui concerne les virures 8N et 9N, la réparation est plus complexe car elle affecte les deux virures simultanément. Un bordage de remplacement a été inséré entre ces deux virures qui ont été grossièrement retaillées.

22 L'épave a été restaurée à Marseille dans les années 1970-80 puis conservée à Port-Vendres dans des conditions inadap-
tées : Jézégou *et al.* 2017.

23 Les tenons de réparation sont visibles à travers ces fenêtres.

24 L'état de conservation du bois ne nous a pas permis d'observer
d'éventuelles variations du sens d'enfoncement des chevilles.

25 Le lutage consiste en l'application d'un matériau d'étanchéité
sur le can de la virure avant sa mise en place.

26 Cette observation portant uniquement sur des fragments
de bordages déplacés, il n'est pas possible de savoir à quelle
partie du navire ils correspondent.

27 Sans que les auteurs ne précisent ce qu'il advient de l'insertion
des tenons de réparation au passage des membrures.

28 *Tour Fondue*, III^e s. av. n. è., avec chevilles de blo-
cage (Dangréaux *et al.* 2012, pl. IX, 12) ; *Barthelemy B*, I^{er} s. de n.
è. pour le raccord du nouveau galbord à la quille, avec cheville
de verrouillage sur la virure adjacente (Joncheray, Joncheray
1997b, fig.50, 106) ; les deux *horeiae* de Toulon, fin du I^{er}
siècle (Boetto 2009, 294) ; *Conque des Salins*, I^{er}-II^e siècle, où les
tenons de réparation sont parfois verrouillés sur la virure de
remplacement et sur la virure adjacente (Jézégou 2011, 169-
170 et fig. 2, 168) ; *Isola Sacra 2*, première moitié du III^e siècle,
où la présence de tenons non verrouillés concerne une seule
des quatre virures de remplacement (on ne sait pas comment
sont assujettis les trois autres car l'épave n'a pas fait l'objet de
fouille complète (Boetto *et al.* 2012b, 36) ; *Marausa*, II^e siècle,
ici une virure aurait été intégralement remplacée mais un seul
tenon de réparation a été observé verrouillé seulement sur la
virure d'origine (Tiboni, Tusa, 2016, 248 et fig. 13, 247). Sur cette
épave, une réfection complète du bordé avant tribord a été
entreprise mais le mode de fixation des virures de
remplacement n'est pas indiqué dans la publication.

29 La courbure du bouchain est une zone fragile : les liaisons
entre les virures se disjointent avec le temps.

30 Les bordages des virures de fond, au niveau des courbures des
brions, sont soumis à des forces qui les fragilisent.

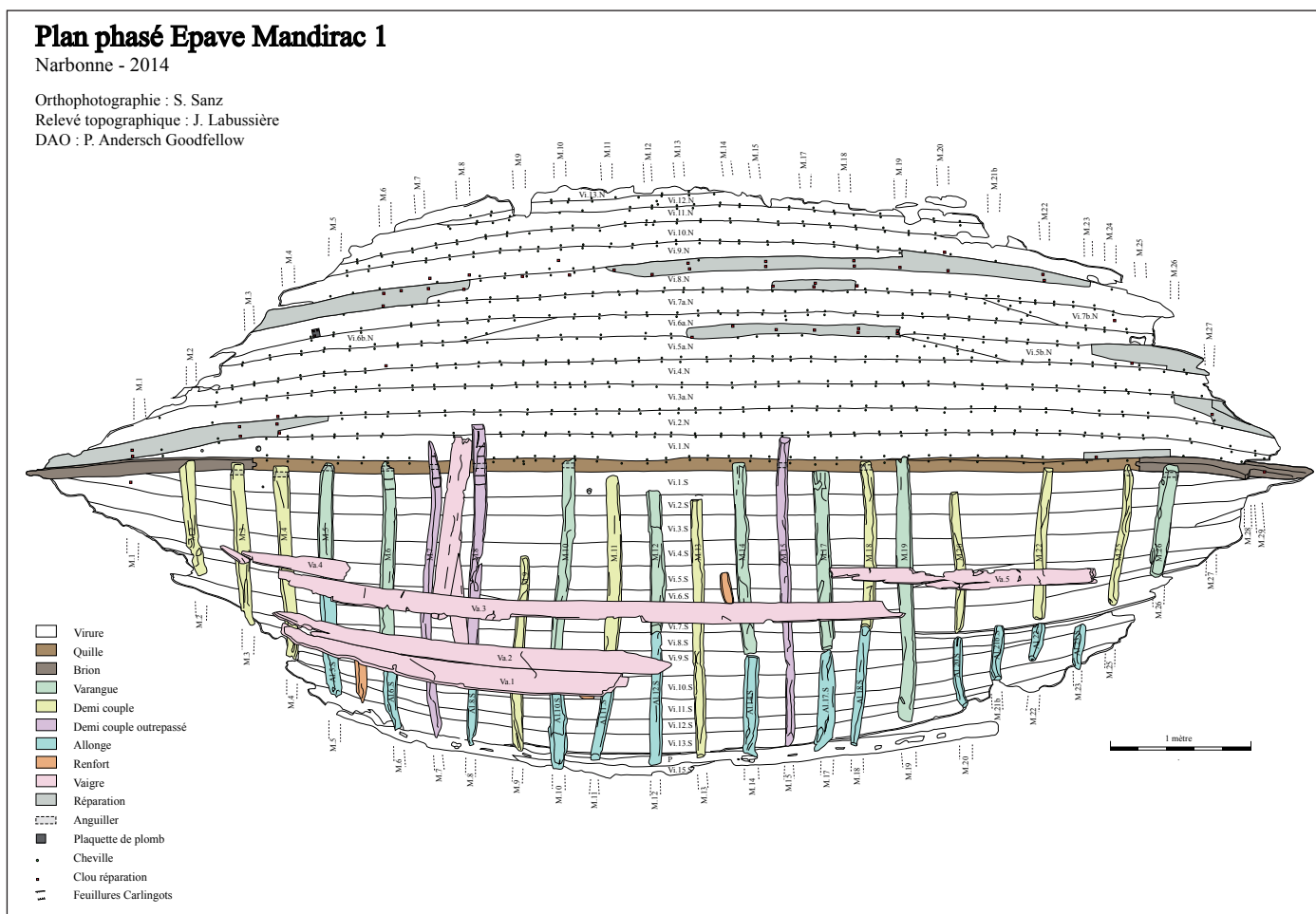


Fig. 2 : Épave de Mandirac. Remplacements partiels de virures visibles après démontage des membrures du flanc septentrional (tribord).
DAO : P. Andersch Goodfellow, INRAP.

Tous les bordages de remplacement présentent des cans enduits de poix. Après avoir été introduits en force dans leur logement, ils ont été cloués sur les membrures alors que l'assemblage d'origine des membrures sur les virures avait été réalisé au moyen de gournables. Dans tous les cas, les bordages adjacents ont conservé les languettes chevillées relevant des assemblages d'origine (Jézégou *et al.*, 2015, 37, fig. 5, 35).

Sur l'épave *Fiumicino 1*, strictement contemporaine de *Mandirac 1*, toutes les virures de remplacement sont simplement clouées sur les membrures (Boetto 2010, 142 et fig. 10 et 11, 151)³¹. Enfin, le clouage direct de toutes les virures de remplacement se retrouve sur les navires pour lesquels une conception et une construction entièrement sur squelette ont pu être mises en évidence. Il s'agit des épaves Dor 2001/1 (Kahanov, Mor 2014, 48) et Tantura E (VII^e – IX^e siècles, Israeli, Kahanov 2014, 55 et 58) découvertes en Israël et Serçe Liman (XI^e siècle, Matthews, Steffy 2003, 107) découverte en Turquie. Sur ces embarcations, la jonction avec les virures d'origine se fait par des écarts simples situés au niveau des membrures, comme c'est le cas aussi pour les bouts des

virures initiales³² alors que sur les épaves de Mandirac et de Fiumicino, les écarts sont en sifflet comme on l'observe habituellement dans la construction sur bordé.

• 1.2.4. Changements de virures par tenons de réparation et par clouage sur un même navire

L'emploi simultané des deux méthodes a été observé sur un petit nombre d'épaves. Les premières observations proviennent de l'épave *Jules Verne 5*, un bateau utilisé pour évacuer les sédiments dragués dans le port, daté du I^{er} siècle (Pomey 2014). Les changements de bordages affectant les virures situées à la hauteur de la courbure des flancs sont effectués de manière rudimentaire, par simple clouage sur les membrures comme sur l'embarcation *Jules Verne 3*. En revanche, lorsque les virures situées dans l'axe des longerons supportant la base du puits central ont dû être partiellement déposées, les nouveaux bordages ont été mis en place avec soin, selon le principe des tenons de réparation insérés depuis des fenêtres pratiquées sur la face interne des virures et chevillées dans des mortaises (Pomey 1995, 467).

32 Avec la différence suivante : les virures d'origine, sur l'épave de Serçe Liman ont été aboutées par deux types d'écarts, tantôt des écarts simples, tantôt des écarts à sifflet comme ceux en usage dans l'Antiquité: Matthews, Steffy 2003, 107.

31 Cf. supra pour le galbord bâbord.

Les épaves *Napoli A*, un navire maritime du I^{er} siècle, et *Napoli C*, une *horeia* abandonnée à la même époque, présentent également ces deux méthodes (Boetto 2005, 68 et 75 ; Boetto *et al.* 2009, 466 et 468). Dans le cas de l'épave *Napoli A*, les deux types de réparation sont répartis sur l'ensemble du navire. Les clous ont été utilisés pour assembler des fragments de bordage de petites tailles et découpés selon la forme à réparer alors que les tenons de réparation sont utilisés pour le remplacement de bordages complets. Enfin deux bordages présentent des assemblages mixtes³³ (Boetto, Poveda 2018, 36-38). Pour l'épave *Napoli C*, il semble difficile d'affecter l'une ou l'autre des réparations à une zone précise ou à un type de réparation particulier.

L'épave *Napoli A* présente une autre particularité intéressante au sujet des tenons de réparation. Sur trois bordages, ces tenons sont chassés dans des fenêtres ouvertes sur la face interne³⁴ et ce même au passage des membrures ce qui implique que ces dernières n'étaient pas en place durant la réparation (Boetto, Poveda 2019, 38), à la différence de ce qui a été observé sur l'épave de *Kyrenia* ou sur *Barthelemy B*.

• 1.2.5. Interprétation

Il ressort de notre corpus, qui par ailleurs n'a pas la prétention d'être exhaustif, qu'on ne peut pas véritablement parler d'une évolution vers la simplification des procédés de réparation en ce qui concerne le recours au clouage sur des membrures existantes. Hormis les bateaux construits sur squelette, pour lesquels les remplacements de virures ne pouvaient s'envisager que par clouage le bordé étant complètement dépourvu de liaison internes, l'utilisation du clouage semble réservée aux petits bateaux maritimes comme *Napoli A*, aux embarcations de servitude³⁵ et aux petits navires fluvio-maritimes comme *Fiumicino 1*, à partir du I^{er} s. de n. è.³⁶ En effet, si les bateaux *Mandirac 1* et *Fiumicino 1* présentent des changements de bordage réalisés exclusivement par clouage à la fin du IV^e siècle ou au début du V^e siècle, les navires maritimes comme *Port-Vendres 1* et *Pakoštane* qui leur sont contemporains présentent des changements de bordage assemblés uniquement au moyen de tenons de réparation. Par ailleurs, sur les petites unités sur lesquelles les deux procédés ont été utilisés, lorsque les réparations affectent

une zone sensible³⁷, on recourt aux tenons de réparation, une technique dans laquelle on a toute confiance³⁸.

J.R. Steffy relevait dès 1994 à propos de l'épave de *Kyrenia* que, puisque les membrures étaient déjà en place, clouer les virures de remplacement sur celles-ci aurait suffi pour réaliser les réparations et que c'est probablement ce que des charpentiers de marine feraient aujourd'hui. Il se demandait alors pourquoi les charpentiers de l'Antiquité n'ont pas adopté cette méthode pour les réparations. Il en concluait que pour les charpentiers de marine de l'Antiquité, les membrures n'étaient considérées que comme des éléments de renfort secondaire, indignes de maintenir en place ne fût-ce que des réparations (Steffy, 1994, 56). L'étude qui précède semble lui donner raison. Certes, l'interprétation des données extraites d'un corpus d'épaves qui couvre une période de plus de mille ans est malaisée en raison d'une documentation trop souvent partielle, dans laquelle les observations sont ponctuelles à l'exception de celles qui concernent les épaves découvertes en milieu terrestre et les épaves qui ont fait l'objet de démontages systématiques. En particulier, on manque d'observations sur des épaves de bateaux de fort tonnage et de ce fait, les embarcations de petit tonnage (jusqu'à 70 t) sont surreprésentées dans le registre archéologique.³⁹

1.3. Les interventions sur la charpente transversale

Les remplacements de membrures semblent moins fréquents que les réparations des virures. Cela est peut-être dû au fait que les membrures ne sont pas les parties les plus exposées dans un bateau, ou bien parce que ces remplacements sont plus difficiles à détecter et peuvent être confondus avec des remplois. Les caractéristiques permettant d'identifier les réparations de la membrure sont de plusieurs ordres : essences de bois, morphologie et agencement différents par rapport aux autres couples ou présence de gournables surnuméraires.

• 1.3.1. Les remplacements de membrures

Sur le navire de *Kyrenia*, une membrure a été remplacée, non loin de l'écart quille/étrave, lors de la dernière opération de réfection de la coque (Steffy 1999, 400). Elle présente un aspect plus neuf par rapport aux autres⁴⁰ avec des arêtes plus vives et elle est plus large et plus plate que les autres (Steffy 1999, 400). Alors que la hauteur des varangues d'origine est augmentée au niveau de la quille centrale par l'insertion d'une cale, la varangue de remplacement est réalisée d'un seul tenant (Steffy 1999, fig. 47, 408). Enfin, elle est taillée dans un bois différent (Steffy 1994, 54). Les perçages d'origine du bordé ont été

33 Le bord inférieur est assemblé à la virure précédente par des tenons de réparation, alors que le bord supérieur ne présente aucun assemblage. Le bordage est ensuite cloué sur les membrures.

34 Sur le quatrième bordage réparé selon ce mode opératoire, les tenons sont chassés dans des fenêtres ouvertes sur la face externe.

35 Épaves *Jules Verne 5* et *3*, *Napoli C*, *Mandirac 1*.

36 Il semble qu'aucune occurrence antérieure ne soit recensée à ce jour.

37 *Jules Vernes 5*.

38 Ceci n'est pas sans rappeler l'épave *Jules Verne 7*, construite à tenons et mortaises, sur laquelle on garde l'usage des ligatures pour les réparations : Pomey 2010, 17.

39 Nous remercions Giulia Boetto pour cette observation formulée à la relecture de notre article.

40 Le bois est plus clair et elle n'a pas subi l'action du *teredo navalis*.

réutilisés pour le passage des nouvelles gournables qui unissent la membrure et le bordé (Steffy 1985a, 96).

On retrouve une intervention du même type sur l'épave de Kinneret, où la plupart des membrures ont été débitées dans du chêne alors que seules trois d'entre elles présentent des taxons différents (Steffy 1987, 327). Ces trois membrures paraissent plus neuves et sont clouées à la quille alors que celles d'origine ne le sont pas (Steffy 1999, 400). À la différence de ce qui a été observé sur Kyrenia⁴¹, les perçages dans les virures, qui abritaient les anciennes gournables d'assemblage des membrures au bordé ont été bouchés par des chevilles de bois de 1,5 cm de diamètre et n'ont pas été réutilisés (Steffy 1987, 327).

L'hypothèse de remplacements de membrures fondée sur la diversité des essences et les différences de morphologie et/ou d'agencement se retrouve à propos de plusieurs autres navires, tels ceux d'Antirrhodos Island du tournant de l'ère⁴² ou *Tantura E*. Sur cette embarcation, afin de pouvoir positionner les nouvelles membrures à leurs emplacements d'origine, des repères ont été incisés sur la

surface interne des virures (Israeli et Kahanov 2014, 374-376, fig. 13 et 16)⁴³.

La détermination des membrures de remplacement s'est révélée plus difficile sur l'épave de Pakoštane. Si l'analyse des bois a mis en évidence la grande hétérogénéité de taxons utilisés dans la construction, elle n'a pas permis pour autant d'indiquer une utilisation préférentielle de certaines espèces pour les réparations (Boetto *et al.* 2012, 147, note 95). En conséquence, les auteurs préfèrent s'appuyer sur le nombre élevé de gournables présentes sur certaines membrures⁴⁴ et sur l'agencement de ces dernières (*ibid.*, 123). Si les critères des taxons et de l'agencement nous semblent pertinents, il n'en va pas de même pour le grand nombre de gournables qui pourraient être l'indice d'une réutilisation de membrures issues d'autres embarcations. Cela est le cas de l'épave de Mandirac où nous avons observé la présence de gournables excédentaires sur plusieurs membrures et, au démontage, nous avons détecté que certaines étaient encore saillantes à la base de la membrure et qu'elles venaient chevaucher d'anciennes gournables précédemment arasées et encore revêtues d'un enduit blanchâtre résultant du séjour en milieu saumâtre (Jézégou *et al.* 2015, 36 et fig. 10).

41 Les perçages ont été réutilisés.

42 Une seule varangue est débitée dans du figuier sycomore alors que les autres proviennent de diverses variétés de pins ; elle est la seule à avoir conservé la forme de la branche dans laquelle elle a été taillée (seule sa base a été aplanie pour s'adapter à la quille) ; toutes les gournables qui l'assemblent au bordé ont été mises en place obliquement et non verticalement ; enfin, au lieu d'être assemblée à la quille par une broche, elle lui est reliée par trois petits clous métalliques chassés de l'intérieur : Sandrin *et al.* 2013, 51-52.

43 On retrouve ces repères pour le passage des membrures sur les virures de remplacement de l'épave de Grado (Beltrame, Gaddi 2007, 144 avec liste d'occurrences) et sur l'épave de Mandirac (Jézégou *et al.* à paraître).

44 Jusqu'à une quarantaine pour des membrures longues de deux mètres : Boetto *et al.* 2012, 120.

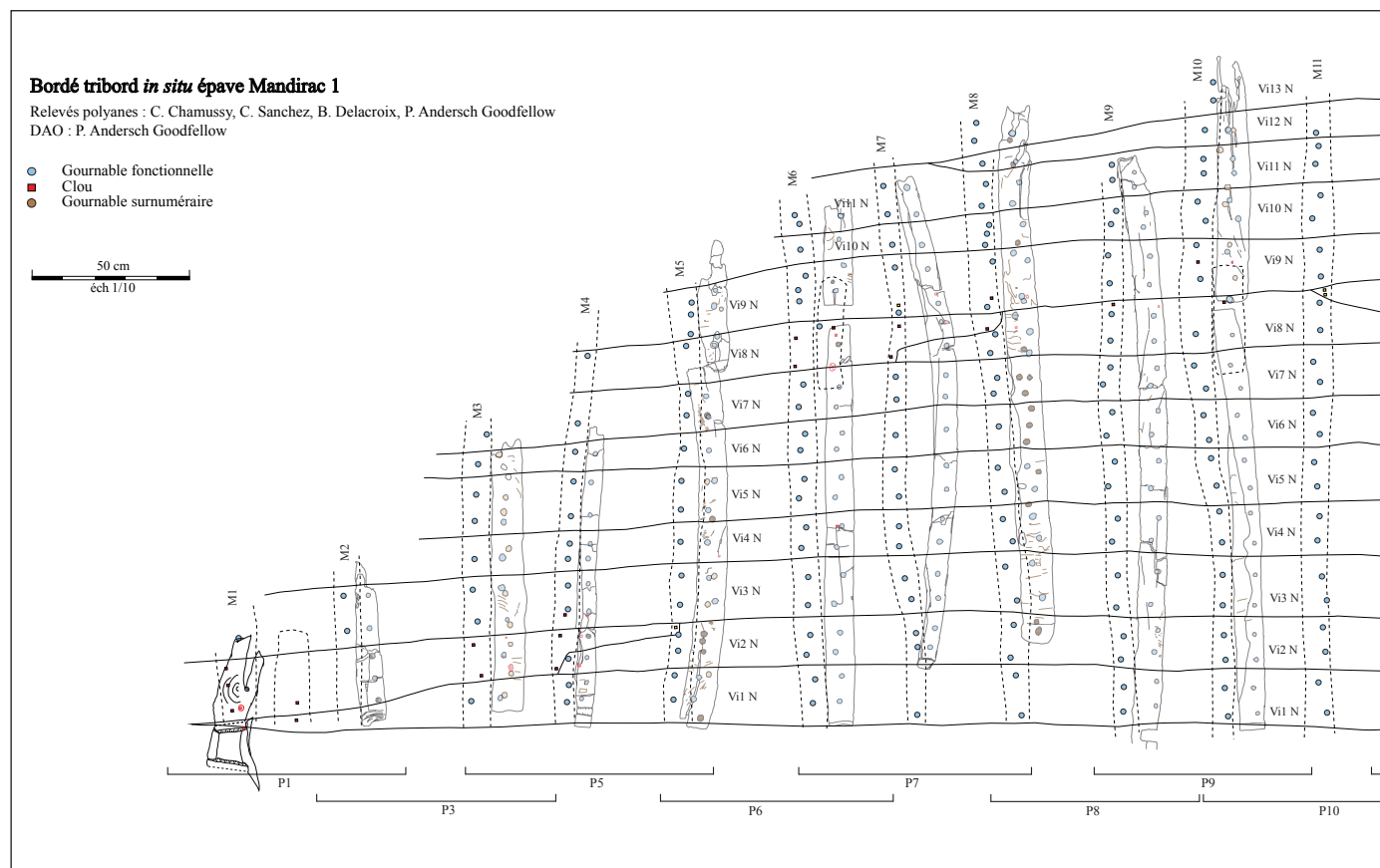


Fig. 3 : Épave de Mandirac. Superposition du bordé septentrional et de la face inférieure des membrures correspondantes montrant les gournables excédentaires sur les membrures en remploi. DAO : P. Andersch Goodfellow, INRAP.

Après superposition de la base des membrures et de la surface interne du bordé, il ne fait plus aucun doute que les membrures qui présentent des gournables surnuméraires sont des membrures de remploi (fig. 3). Et ces membrures réutilisées n'ont pu être mises en place que lors de la construction initiale. En effet, il serait tout à fait possible d'envisager la réutilisation de membrures de seconde main pour des réparations, mais aucune membrure n'a été changée sur l'épave de Mandirac. En effet, si des membrures d'origine avaient été démontées, les perçages des gournables qui les assemblaient au bordé lors de leur mise en place initiale auraient été visibles sur les virures. Les seules gournables excédentaires ne se trouvent que sur certaines membrures et sans aucune correspondance sur les virures.

Sur les épaves *Dor 2001/1* et *Tantura E*, des remplacements de membrures ont également été observés. Dans la première, outre les trois membrures concernées par la réparation sur le brion⁴⁵, quatre membrures n'ont pas été assemblées à la quille. Cette absence d'assemblage, selon les auteurs, pourrait s'expliquer par un remplacement de membrures (Kahanov, Mor 2014, 57). Sur l'épave *Tantura E*, les auteurs s'appuient sur la grande diversité des essences et sur les marques apposées sur le bordé au passage des membrures pour souligner une activité de réparation (Israeli, Kahanov, 375 et 379).

45 Cf. *supra*.

• 1.3.2. Les déposes en vue de réaménagements

Des déposes de certaines membrures en vue de modifications internes du navire ont été observées à plusieurs reprises. C'est le cas notamment pour le bateau de *Kyrenia* sur laquelle une membrure a été sciée et partiellement déposée, au-dessus des trois premières virures, de part et d'autre de la quille, pour laisser place à une pompe de cale. Cette action se traduit par l'enlèvement de quatre clous de fixation de la partie de membrure enlevée et leur remplacement par des pinoches coniques bloquées par des petites chevilles ou des pointes de clous (Steffy 1985a, 96).

Sur l'épave *Barthélémy B*, des remplacements de virure ont entraîné des modifications de l'assemblage des membrures avec la réfection des ligatures internes. Les anciennes ligatures ont été sectionnées et laissées en place avec leurs gournables de blocage. Les nouvelles ligatures ont été mises en place à côté, en perforant deux nouveaux passages à chaque fois, en y insérant la nouvelle tresse et en la bloquant par deux nouvelles gournables. Cela se traduit par la présence de quatre gournables juxtaposées dont deux sont soigneusement arasées et ainsi rendues inutiles (Wicha 2001, 72).

Sur le navire de *Marausa*, l'installation d'une pompe de cale a nécessité une intervention sur certaines membrures. La face supérieure de trois membrures a été sculptée pour créer la place nécessaire à l'installation d'un espace destiné à protéger une pompe de cale,

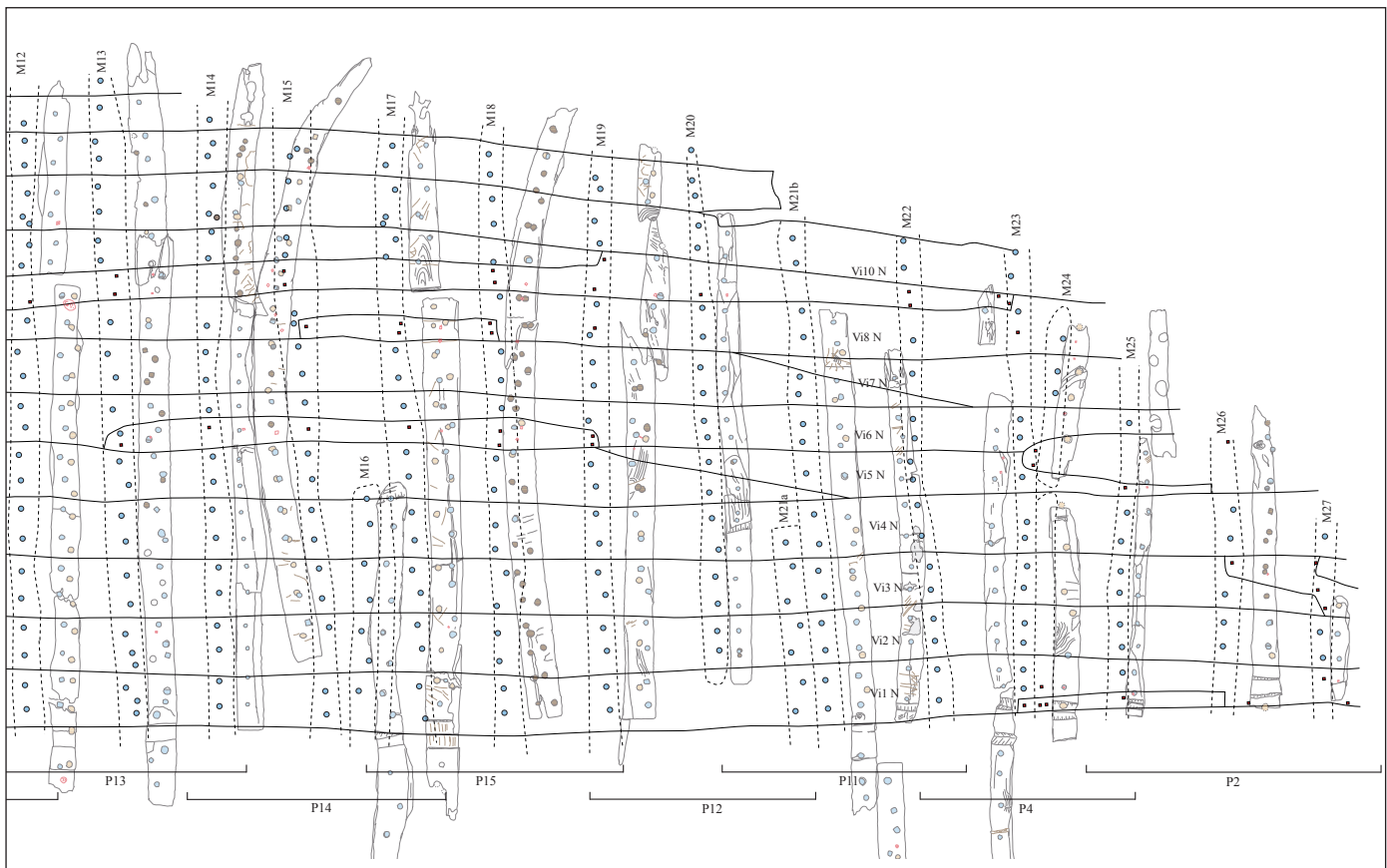


Fig. 3 (suite)

décentrée à bâbord (Tiboni, Tusa 2016, fig. 13, 247). Une de ces membrures a été façonnée de manière à permettre le passage du chapelet et des disques (*ibid.*, 247, 248 et fig. 14, 248)⁴⁶. Dans ce cas précis, la structure même de l'ossature transversale n'a pas été affectée véritablement. Toutefois, une réfection complète du bordé avant tribord a été entreprise et elle a entraîné la dépose des membrures situées dans ce secteur⁴⁷.

• 1.3.3. Les consolidations de la charpente transversale

Dans ce chapitre nous évoquons encore des interventions de carénage importantes nécessitant probablement une mise au sec du navire. Les interventions mineures seront traitées dans la partie suivante dédiée aux réfections.

Sur l'épave B de la Jeume Garde, à Porquerolles (125-75 av. n. è.), on observe la présence de deux membrures neuves façonnées dans du hêtre. Situées au niveau des œuvres vives, elles sont cousues contre le bordé et viennent chacune renforcer une ancienne membrure⁴⁸. Après l'application de la membrure neuve sur le bordé, l'ensemble est percé de plusieurs cavités disposées par paires. Chaque paire est reliée alternativement sur l'extérieur du bordé puis sur l'intérieur sur la membrure, par une encoche de la largeur des cavités et de 8 mm de profondeur. Une tresse végétale est ensuite passée dans chaque paire d'évidements puis plaquée dans les encoches et bloquée par des gournables (Carrazé 1976, 163-165)⁴⁹. On pourrait se demander pourquoi les anciennes membrures n'ont pas été tout simplement changées et pourquoi le mode de fixation des nouvelles membrures diffère de celui utilisé lors de la construction du navire. Faute d'éléments de comparaison, l'hypothèse proposée relève de la notion de signature de chantier⁵⁰ : le navire a pu être réparé dans un chantier qui pratiquait l'assemblage des membrures au moyen de ligatures (Pomey, Boetto 209, 40).

Sur l'épave *Chrétienne C* (175-150 av. n. è.), certaines membrures sont renforcées latéralement par des pièces de bois disposées parallèlement, sur une longueur allant de 80 cm à 1 mètre. Ces renforts sont assemblés au bordé par des gournables comme le reste de la membrure. Ils ne sont pas assemblés aux varangues ni à leurs allonges (Joncheray 1975a, 53, fig. 17, 49). En l'état actuel des données disponibles, il est impossible de savoir si ces éléments viennent conforter la membrure ou renforcer des réparations effectuées sur le bordé⁵¹.

46 Sur le fonctionnement de ces pompes : Carre, Jézégou 1984.

47 La publication ne précise pas si les mêmes membrures ont été remises en place à l'issue du radoub.

48 Les membrures d'origine sont assemblées au bordé au moyen de gournables en bois et de clous en fer.

49 L'interprétation d'une ligature unique courant tout au long de la membrure, proposée en 1976, est erronée : Pomey, Boetto 2019, 40.

50 Sur la notion de signature de chantier : Pomey 2002

51 La publication de cette épave ne mentionne aucune trace de réparation sur le bordé.

Sur l'épave de Mandirac, sept renforts transversaux ont été ajoutés entre le maître couple et l'avant du navire⁵². Leur fonction consiste à renforcer la coque lorsque des virures ont été changées. Les renforts, qui ne sont pas reliés aux membrures contre lesquelles ils sont accolés, sont seulement cloués sur le bordé et chevauchent le bordage de remplacement et les deux virures adjacentes (Jézégou *et al.* 2015, fig.3, 34).

En ce qui concerne les interventions sur les membrures et notamment les remplacements et les déposes, le corpus utilisé est insuffisant pour faire apparaître des différences significatives entre les épaves construites sur bordé et celles construites sur squelette.

2. LES RÉPARATIONS SECONDAIRES

2.1. Le traitement des nœuds et des fissures

Ce type de réparation a été très bien étudié sur l'épave de Pakoštane (Boetto *et al.* 2012a, 123-127). Deux plaques et vingt-huit plaquettes en plomb ont été observées *in situ* sur les faces internes et externes des virures. Ces plaques⁵³ et plaquettes sont maintenues en place par des petits clous enfoncés le long du périmètre. Plusieurs d'entre elles se trouvent sous des éléments de membrures. Il s'agit soit d'une action de renforcement/réparation réalisée avant la mise en place de la membrure, soit de réparations postérieures ayant entraîné une dépose partielle de la membrure. Ces réparations ont pour fonction d'obturer des voies d'eau liées tantôt à des nœuds du bois, tantôt à des fissures⁵⁴. Dans le cas des nœuds, il pourrait s'agir d'une action préventive⁵⁵ puisque seuls les nœuds qui se trouvent au passage des mortaises ont fait l'objet d'un traitement. Ces plaquettes sont associées à un mastic et ou à de la poix (Boetto *et al.* 2012a, note 108).

Ces plaquettes, de petites dimensions, sont utilisées probablement aussi pour colmater des sources d'entrées d'eau. Elles sont mises en place au fur et à mesure selon le besoin, même en cours de navigation. Ce type d'intervention nécessite la présence à bord de poix, de clous et de feuilles de plomb, toutes choses fréquemment retrouvées à bord des épaves (voir *infra*).

Sur l'épave de Porto San Paolo (Sassari, Sardaigne, III^e siècle), plusieurs feuilles de plomb clouées avec de petits clous de cuivre recouvraient des parties abîmées du bordé.

52 Il faut probablement considérer également comme un renfort la pièce appelée M24 qui est accolée à la membrure 23 (sans liaison avec elle). Initialement, nous ne l'avions pas considérée comme un renfort car elle semblait munie d'une allonge. Toutefois, cette pièce est aussi un renfort pour la virure 5 partiellement remplacée. En effet, nous avons observé que la partie centrale de M24 vient renforcer le romaillet ajouté au galbord.

53 Long. 25 cm, larg. 13 cm pour la première et 17 x 15 cm pour la seconde.

54 Blondeau, Vial du Clairbois 1783, 337 : entrée « remédier ».

55 Réalisée lors de la construction du bateau, ce qui expliquerait leur présence à l'emplacement des membrures dans certains cas. Ce type d'intervention s'approcherait alors de la notion de « repentirs » : des rectifications successives visant à améliorer la construction.

Certaines étaient en bien meilleur état de conservation que d'autres, indices peut-être de plusieurs réparations successives (Riccardi 1997, fig. 25, 85).

Les plaquettes de plomb pouvaient être utilisées aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur de la coque. Ainsi sur l'épave de Mandirac, une petite plaque de plomb quadrangulaire mesurant 5,5 cm de côté a été fixée sur la face interne de la virure 7N, vers l'étrave, au moyen de clous carrés d'une section de 0,5 cm afin de boucher une fissure (Jézégou *et al.* 2015, 37). Sur la face externe de la virure 9, au niveau de l'allonge de M14, cinq clous et une pinoche enfoncée de l'extérieur ont été découverts (fig. 4). Ils servaient à fixer une plaquette métallique (non conservée) afin de protéger le retrait d'une partie d'un nœud remplacée par une pinoche (Jézégou *et al.* à paraître). Cette réparation a pu avoir lieu aussi bien lors de la construction qu'après, une fois le navire à l'eau, puisqu'elle se situe au-dessus du bouchain.



Fig. 4 : Épave de Mandirac. Pinoche et clous de fixation d'une plaque (plomb ?) sur la face externe d'un bordage de la virure 9.
Cliché : M.-P. Jézégou, DRASSM.

2.2. Les reprises d'étanchéité

Sur le bateau de Kyrenia, lors de la réparation de la quille (cf. *supra*), des bandes de plomb ont été utilisées le long des joints internes du galbord, au contact de la quille et sur les joints des deux premières virures depuis le maître couple jusqu'à la proue (Steffy, 1999, 396, fig. 2, 406). Ces longues bandes de plomb recouvraient et protégeaient du tissu imbibé de poix disposé sur les joints des virures.

Sur l'épave de Marausa, lors de la réfection au niveau de la proue, l'étanchéité a été renforcée par l'insertion d'un cordon végétal torsadé dans le joint entre la quille et le galbord tribord (Tiboni Tusa 2016, 247, fig. 15). Trois petites plaques de plomb ont été disposées, à l'extérieur, sur les joints des virures auxquelles elles sont reliées par des clous en cuivre. Ces réparations sont renforcées par une feuille de plomb clouée sur la face interne des virures (*ibid.*). Cette réparation est proche de celle qui a été observée sur l'épave de Porto San Paolo, pour une réfection à la jonction entre la quille et un brion, dans un espace compris entre six membrures (Riccardi 1997, 84-86). Sur cette même épave, une planche de bois épaisse de 2 cm et large de 14 à 22 cm recouvre la quille et les galbords depuis l'étambot jusqu'au maître couple. Elle est

recouverte d'une épaisse couche de résine et elle est fixée par des clous de fer.

Ces reprises d'étanchéité sous forme de tissus ou de cordons végétaux enduits de poix et recouverts de longues bandes de plomb diffèrent des « patches » disposés ponctuellement sur des nœuds ou des fentes. Elles rappellent la technique du palatrage utilisée dans les réparations en charpenterie navale fluviale et particulièrement bien conservée sur certaines épaves du Parking Saint-Georges à Lyon (Guyon 2010, 70).

2.3. Consolidations diverses

L'utilisation de romaillets (Steffy 1994, 291) a été plusieurs fois mise en évidence. Il s'agit de petites planches de bois insérées à l'intérieur d'un bordage afin, par exemple, de réparer un bord abîmé. Sur l'épave de Mandirac, un romaillet a été inséré entre le galbord tribord et la quille sur une longueur de 60 cm (fig. 5). Comme les virures de remplacements, il est directement cloué sur les membrures. Un clou tangentiel enfoncé de l'extérieur traverse également le can en direction de la quille. Sur l'épave de Marausa, on observe aussi la présence de deux romaillets entre le galbord et la quille. Ils sont partiellement recouverts par une feuille de plomb, assemblée sur la quille et le galbord au moyen de gournables et de clous (Tiboni, Tusa 2016, 247).

Ces romaillets peuvent être utilisés également sur les parties hautes des navires. Ainsi, sur le bateau de Kyrenia, une section du bord inférieur de la préceinte s'est rompue lors du remplacement d'une virure adjacente. Pour remplacer cette partie, un romaillet a été mis en place et assemblé à la virure adjacente au moyen des classiques tenons chevillés, tandis que pour la liaison avec la membrure, des clous en cuivre ont été utilisés (Steffy 1999, 397). Sur la barque d'Herculanum, un romaillet a également été utilisé pour la réfection d'une virure, en partie haute, non loin du passage d'un barrot de pont sans que l'on sache quel défaut il devait compenser (*ibid.* et fig. 3, 406).

D'autres types de consolidation ont aussi été relevés. Ainsi, sur l'épave *Dramont I*, au niveau de la membrure 29, une petite portion de bois malsain a été retirée et remplacée par un romaillet aux contours irréguliers, mais parfaitement ajustés (Joncheray, Joncheray 1997c, 181). Plus rare, sur l'épave *Napoli B*, il a fallu déplacer la cavité d'emplanture du mât en raison d'une rupture probable de cet élément. Un coin quadrangulaire destiné à renforcer une des trois cavités a été observé (Boetto 2005, 72).

Des réparations ont été également observées sur les préceintes. Ainsi, sur l'épave *Napoli A*, les préceintes ont été réparées par l'insertion de romaillets cloués de différentes formes et dimensions et par l'ajout de pièces de bois plus longues à la place des bois endommagés (Boetto 2005, 69 ; Boetto, Poveda 2018). Sur la barque d'Herculanum, une préceinte est aussi constituée de deux pièces superposées, peut-être une consolidation

Vi1 N 1/6 et 2/6

Narbonne - Epave Mandirac 1 - 2015

Dessin : C. G

DAO : P. Andersch Goodfellow

○ Perçage - cheville absente	🔪 Brai - Poix - Résine	⊗ Clou
● Cheville en place	🔪 Traces d'outils	⊠ Clou absent
○ Perçage - goumable absente	🟡 Passage Membrure	⊗ Concrétion métallique
⊗ Goumable active	— Mortaise	— Languette présente

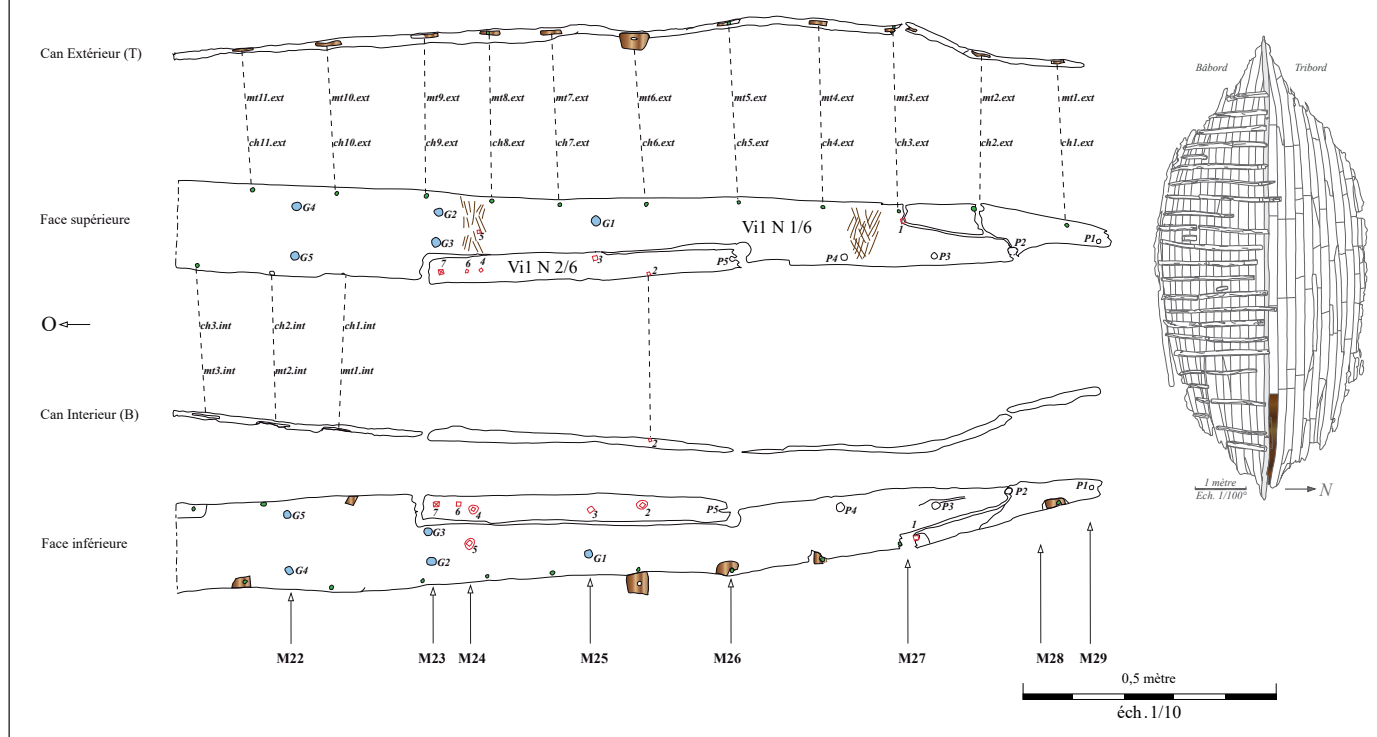


Fig. 5 : Épave de Mandirac. Romaillet sur galbord tribord. DAO : P. Andersch Goodfellow, INRAP.

ultérieure (Steffy 1985b, 520 ; 1994, fig. 3-56, 69). Enfin, l'épave de Grado présente une réparation semblable à celle de l'épave *Napoli A*, avec l'ajout de trois cales en bois clouées les unes sur les autres (Beltrame, Gaddi 2007, 144).

3. LES MATÉRIAUX ET LES OUTILS

Les fouilles d'épaves ont révélé la présence d'outils de charpentier, de feuilles de plomb, de réserves de poix et parfois de éléments de bois taillées pouvant servir de pièces de rechange. En revanche, il ne semble pas concevable d'embarquer à bord des réserves de bois brut pour la réparation navale⁵⁶.

3.1. Le bois

En dépit de notre ignorance des lieux de construction des navires et a fortiori de la provenance des arbres utilisés (Guibal 1998, 305), nous pouvons parfois percevoir les réparations à travers l'utilisation d'essences différentes de celles majoritairement employées, lors de la construction, pour des pièces de même fonction (cf. *supra* pour les membrures). L'identification des essences employées pour les réparations semble indiquer que le choix du type de bois découle surtout de sa disponibilité sur le chantier plutôt que de ses qualités. Par exemple le pin noir et le sapin ont été utilisés pour les virures de remplacement

du navire de la Madrague de Giens alors que l'ensemble du bordé d'origine est en orme (Guibal, Pomey 2004, 38) ou, comme nous l'avons vu précédemment, l'olivier a été choisi pour les virures de remplacement du navire *Port Vendres 1*⁵⁷. Sur le bateau *Barthélémy B*, les réparations (un bordage du galbord et un de la cinquième virure tribord) ont été réalisées en bois d'orme alors que les virures d'origine sont en pin d'Alep et qu'aucune pièce de charpente n'a été débitée dans ce type de bois sur ce navire (Joncheray, Joncheray 2004, 51). Il est possible que l'orme, un bois noble, provienne d'un stock résiduel qui avait peut-être servi à façonner d'autres éléments de charpente. A contrario, sur le bateau de La Conque des Salins, les virures de remplacement ont été débitées dans les mêmes bois que les virures d'origine (Jézégou *et al.* 2009, 79)⁵⁸. Néanmoins cette épave relève d'un cas particulier puisqu'il s'agit d'une petite embarcation, une allège, dont l'espace de navigation⁵⁹ se limite aux eaux de l'étang de Thau (Hérault). Il semble que, dans ce cas, chantier de construction et chantier de réparation puissent coïncider.

57 De même, l'utilisation du tamaris, un bois plutôt cassant, pour la réparation de la quille de l'épave Dor 2001/1 ou du figuier sycamore pour une membrure de l'épave d'Antirrhodos relève d'un choix opportuniste.

58 *Pinus nigra* et *Pinus t. sylvestris* L.

59 Sur la notion d'espace de navigation, voir Pomey, Rieth 2005.

56 À l'exception peut-être des cales qui sont des pièces façonnées et de dimensions réduites.

Divers travaux ont montré que, dans la mesure du possible, les charpentiers de marine privilégiaient, lors de la construction, les espèces nobles dont ils connaissaient les propriétés mécaniques et la durabilité (Pomey, Guibal 1998, 162). Néanmoins, conscients du caractère parfois limité des ressources disponibles, les charpentiers ont parfois eu recours, au tout-venant, à des remplois ou même à des bois tors et de mauvaise qualité (*ibid.*, 175).

3.2. Le plomb et les matériaux d'étanchéité

Le plomb faisait partie du matériel de réparation couramment embarqué. Sur plusieurs épaves ont été retrouvés à la fois des rouleaux de plomb en réserve et quelques lingots de plomb. Lorsque les lingots de plomb sont en quantité restreinte, ils sont localisés dans un endroit bien séparé de la cargaison ou bien ils ont une origine incompatible avec celle du fret, ils étaient probablement destinés à la réparation à bord. L'épave de Lerici (Martino, Ocelli 2009, 124), datée entre 100 et 80 av. n. è., n'a livré qu'un seul lingot de plomb⁶⁰. Dans l'épave de La Madrague de Giens, les trois lingots découverts devaient être réservés aux réparations car ils ne se trouvaient pas dans la cale mais sur le pont où ils étaient aisément accessibles (Tchernia *et al.*, 69-71). De plus, deux fragments de lingots, l'un recoupé et l'autre refondu, démontrent leur utilisation à bord. Sur l'épave de Mahdia, datée entre 100 et 80 av. n. è., la fouille a livré douze lingots de plomb probablement destinés à l'entretien du navire (Gianfrotta, Pomey 1981, 295-296). Ces lingots sont d'origine ibérique, alors que l'ensemble de la cargaison est originaire de Méditerranée orientale (Nantet 2016, 346).

Sur l'épave de Porto Novo, datée de 30 de n. è. (Bernard *et al.* 1998, 76), une feuille de plomb en rouleau était associée à une plaque quadrangulaire ayant conservé l'empreinte des clous prévus pour sa fixation en tant que doublage externe. Plusieurs épaves ont livré des fragments de feuille de plomb et des feuilles enroulées sur elles-mêmes, entreposées avec les outils nécessaires à leur utilisation⁶¹. Les maillets retrouvés sur l'épave de Kyrenia sont utilisés pour aplanir et mettre en forme les feuilles de plomb. L'épave *Port Vendres 5*, dont le naufrage est daté du premier quart de n. è., a aussi livré un rouleau de plomb, un fragment de feuille et une plaquette de plomb portant une trace de fixation⁶². Sur l'épave de Pakoštane, une plaquette dépourvue de traces de clous était gardée en réserve pour une réparation éventuelle (Boetto *et al.* 2012a, 123). Enfin, sur l'épave d'Albenga du I^{er} s. av. n. è. (Gianfrotta, Pomey 1981, 296) et sur l'épave 1 de Yassi Ada du début du VII^e siècle (Bass, Van Doorninck 1982,

270) ont été découverts des creusets contenant encore des résidus de fusion de plomb.

Les nombreuses découvertes de feuilles en rouleau et, sur ces deux dernières épaves, des creusets démontrent, s'il en était nécessaire, qu'un certain nombre de réparations pouvaient être effectuées lors d'escales⁶³.

Des réfections d'étanchéité pouvaient être réalisées sans qu'il soit nécessaire de mettre le navire au sec comme nous l'avons vu sur l'épave de Pakoštane⁶⁴. Des épaves ont livré des petites quantités de poix ou de brai⁶⁵ dans des amphores : c'est le cas de *Héliopolis 1* (Joncheray, Joncheray 1997a, 164) et de *Dramont D* (environ 50 de n. è., Gianfrotta, Pomey 1981, 296). La poix pouvait aussi être conservée dans un tonneau, comme sur *Saint Gervais 2* (premier tiers du VII^e s. de n. è., Jézégou 1998, 345)⁶⁶. Ces réserves de poix devaient être utilisées pour colmater des interstices ou comme « colle » pour faire tenir à chaud les plaques de plomb.

Enfin il faut souligner la présence, sur plusieurs épaves, de boules de colorants destinées, elles aussi, à l'entretien des coques (Gianfrotta, Pomey 1981, 296).

3.3. Les outils

De nombreuses épaves ont livré des outils servant à effectuer les réparations à bord. Certaines ont même livré la caisse à outils du charpentier, comme par exemple l'épave *Ma'agan Mikhael* (Linder, Kahanov 2003, 203-218) datée de 400 av. n. è. qui a restitué un panier contenant douze outils. L'épave *Dramont D* a livré des clous, un manche d'outil, des fragments de plomb et des pièces de rechange dans un petit panier d'osier (Joncheray 1975b, pl. 2, 9). Enfin, sur l'épave *Yassi Ada 1*, un coffre contenant douze outils a été découvert (Bass, Van Doorninck 1982, 231-233). Souvent, les outils sont retrouvés groupés et parfois ils sont même associés à des matériaux de réparation comme sur l'épave *Chrétienne H* (Santamaria 1984, 43), sur laquelle ils voisinaient avec les feuilles de plomb. Sur l'épave *Barthélemy B*, les outils étaient regroupés ensemble à la poupe, à proximité de la cuisine (Joncheray, Joncheray 2004, 68). Les outils de l'épave *Dramont G* (fin des années 60 de n. è.) faisaient partie de la même gangue concrétionnée (Joncheray 1986, 224).

63 La température de fusion du plomb n'est pas très élevée, de l'ordre de 327° C., mais elle nécessitait l'utilisation de fours. De même le travail de chaudronnerie était incompatible avec la navigation. Sur le travail du plomb, voir Cochet 2000.

64 Pour les plaques et plaquettes disposées à l'intérieur du navire.

65 La poix est une substance végétale tirée d'arbres résineux. Le brai est issu d'arbres feuillus. Sur les matériaux d'étanchéité utilisés dans la construction navale antique : Connan, Charrie-Duhaut 2010.

66 Sur cette dernière épave, dont le naufrage a eu lieu au début du VII^e siècle, à faible profondeur, devant le port de Fos-sur-Mer, on ne peut pas exclure que la poix ait été transportée en tant que marchandise et qu'une grande partie de la cargaison ait été récupérée peu de temps après le naufrage. Des transports de goudron végétal sont connus dès l'Antiquité, dans des amphores réutilisées : Croizeau 1996, 4.

60 Notons par ailleurs la présence d'un doublage de plomb sur la coque.

61 *Tre Senghe A* (30-20 av. n. è., Nantet 2016, 378), *Chrétienne H* (15-25 de n. è., Santamaria 1984, 43), *Kyrenia* (Bass 1972, 5) et *Dramont A* (50 av. n. è., Fiori, Joncheray 1973, 88-89).

62 Elle n'a pas été découverte en place : il pourrait s'agir d'une plaquette en réserve mais faisant l'objet d'un remploi.

Les outils spécifiques du charpentier semblaient donc avoir eu une place réservée sur les navires, comme cela a été clairement mis en évidence sur l'épave *Yassi Ada 1*, où ils sont séparés d'un autre lot d'outils destinés à un autre usage (Gianfrotta, Pomey 1981, 296)⁶⁷.

Certains outils se retrouvent en plusieurs exemplaires et/ou en différents formats afin de s'adapter aux tâches à effectuer, comme c'est le cas pour les ciseaux. L'épave de Ma'agan Mikhael en a livré cinq différents : trois ciseaux à douille de taille différente et deux ciseaux à soie de longueur différente mais de même diamètre (Linder, Kahanov 2003, 204-205). Parfois les outils se retrouvaient en double exemplaire identique afin de parer à une perte éventuelle, comme par exemple sur l'épave *Camarina A* (fin du II^e s. ou du début du III^e s. de n. è., Nantet 2016, 452) où deux marteaux semblables ont été retrouvés et sur l'épave *Yassi Ada 1*, sur laquelle les limes et les mèches étaient en double (Bass, Van Doorninck 1982, 231-233).

Il nous faut aussi signaler quelques outils particuliers, dont de rares exemplaires ont été retrouvés. Il en est ainsi des marteaux/arrache-clous découverts sur l'épave *Yassi Ada 1* (Bass, Van Doorninck 1982, 244) et sur l'épave C de La Chrétienne (Fiori, Joncheray 1973, 79)⁶⁸ ou des forets à archet (fig. 6), présents sur les épaves de Ma'agan Mickael (Linder, Kahanov 2003, 206-208), *Port Vendres 5* (Descamps 2007, 624)⁶⁹ et *Laurons 2* à Martigues⁷⁰. Parmi les objets rares, il faut mentionner une scie (fig. 7), dont des fragments ont été retrouvés sur l'épave *Port Vendres 3* (Jézégou 2007, 632). La scie paraît être la grande absente de la caisse à outils du charpentier embarqué puisque l'exemplaire de *Port Vendres 3* semble unique à ce jour, mais il se pourrait aussi que cette absence ne soit due qu'à sa plus grande fragilité.

Parmi la dotation du charpentier, il convient de mentionner les clous. Il peut sembler normal de trouver un grand nombre de clous en cuivre ou en fer dispersés dans les épaves mais lorsqu'on les trouve concentrés dans un même lieu ou même dans un contenant, nous pouvons avoir la certitude qu'il s'agit bien de lots destinés à être utilisés à bord. C'est le cas pour l'épave *Dramont D* qui a livré une vingtaine de clous en fer et des petits clous en cuivre conservés dans un panier en vannerie, la pointe orientée vers le bas (Fiori, Joncheray, 1973). Sur l'épave *Yassi Ada 1* plusieurs « sacs » de clous ont été découverts groupés (Bass, Van Doorninck 1982).

Nous ne nous attarderons pas sur les nombreux artefacts en bois découverts sur les épaves car la plupart relèvent du gréement (anneaux de cargues, réa, minahouet, épissoirs,

etc.) et ils concernent plutôt le travail des matelots⁷¹. En revanche la présence d'une pinoche à l'aspect neuf sur l'épave *Chrétienne C* mérite d'être rapportée ici (Joncheray 1975, fig. 60, 98).



Fig. 6 : Épave Port-Vendres 5. Moulage d'un foret à archet. Cliché : Michel Salvat, ville de Port-Vendres.



Fig. 7 : Épave Port-Vendres 3. Fragments du cadre en bois d'une scie. Cliché : Michel Salvat, ville de Port-Vendres.

3.4. Les pièces de rechange

Il semble que, par précaution, des pièces de rechange importantes aient pu être embarquées à bord des navires. S'il n'est pas permis d'affirmer avec certitude que la barre de gouvernail découverte sur l'épave *Port Vendres 5* (Jézégou, Descamps 1998, 192-193) était une pièce de rechange⁷², en revanche celle découverte dans l'épave

67 Ils se trouvaient sur le pont avant de la cabine.

68 Un exemplaire de ce type a été rapporté récemment au dépôt de fouille de Port-Vendres. Il aurait été pillé anciennement sur l'épave *Port-Vendres 2* (non publié).

69 Sur cette épave, seul un moulage de la pièce d'origine est conservé au dépôt de fouille de Port-Vendres. Le traitement de la pièce ayant échoué, celle-ci est aujourd'hui détruite.

70 Sur le mode de fonctionnement de ces outils : Adam 1984, 103.

71 Certains d'entre eux pourraient nous aider à comprendre les réparations du gréement mais comme nous l'avons signalé en introduction, nous avons décidé de ne pas inclure ce sujet dans le présent article.

72 En effet, elle présente des traces d'usure à l'endroit de sa prise en main.

Laurons 2 à cause de son état neuf (Parker, 1992, 237 ; Gassend 1998, 199) aurait pu servir en cas de rupture de la barre d'origine.

Le rapide tour d'horizon entrepris à propos des réserves en matériaux d'entretien et de l'outillage nécessaire à leur mise en œuvre trahit la présence, à bord de certains navires, d'une personne en capacité d'intervenir rapidement sur des dommages affectant la coque et l'accastillage. La présence d'un charpentier de marine parmi les équipages de l'époque moderne ne fait aucun doute comme l'attestent les inventaires des objets personnels des marins décédés en mer (L'Hour, Veyrat, 2005, 281). Pour l'Antiquité, se pose la question de la propriété de ces outils et de la spécialisation éventuelle de leur propriétaire. Les outils retrouvés sur les épaves appartenaient-ils à l'armateur, au capitaine ou bien appartenaient-ils à un marin en charge plus particulièrement de l'entretien du navire ? Les cas devaient varier selon la taille et la complexité des navires, et les durées de navigation.

Ovide dans ses *Métamorphoses* (XI, 475-500), relate le voyage entrepris par le roi de *Trachis* (Thessalie), *Ceyx*, à destination de *Claros* (Ionie) afin de consulter un oracle⁷³. À travers la description d'une tempête, il nous laisse entrevoir une certaine répartition des tâches à bord. Certains marins devaient être capables d'effectuer des réparations courantes, en urgence, notamment toutes celles qui relevaient de l'étanchéité.

CONCLUSION

Le corpus d'épaves retenues pour étudier la réparation et l'entretien des navires s'étend du IV^e siècle avant notre ère au haut Moyen-Âge. Cette large période correspond à des changements dans la construction navale méditerranéenne, avec le passage de la construction sur bordé à la construction sur couples. On pouvait s'attendre à ce que les techniques de réparation évoluent en conséquence, notamment en ce qui concerne les remplacements d'éléments importants de la charpente. Cela ne semble pas être le cas. La raison principale réside dans le fait que le corpus utilisé n'est pas suffisamment abondant et qu'il réunit des embarcations de type divers, des navires maritimes, des embarcations de servitude et de pêche et des embarcations fluviales. Les différences

73 Ovide, *Mét.*, XI, 475-500 : « Le navire, sillonnant les flots, avait accompli tout au plus la moitié de sa course, il était aussi éloigné des deux continents, quand, aux approches de la nuit, la mer commença à se soulever et à blanchir, l'*Eurus* à se déchaîner avec plus d'impétuosité : « vite, crie le pilote, amenez les vergues de là-haut ; carguez toute la toile sur les antennes ». Tel était l'ordre ; mais la tempête, qui arrive de face, le contraire ; le fracas des vagues ne permet pas d'entendre la voix ; d'eux-mêmes cependant les uns se hâtent de retirer les rames ; les autres calfatent les flancs ; d'autres dérobent les voiles à la fureur des vents ; celui-ci épuise l'eau de la cale et rejette les flots dans les flots ; celui-là enlève les antennes. Tandis que ces manœuvres s'exécutent en désordre, la tempête redouble de violence ». Ovide, *Les Métamorphoses*. Texte établi et traduit par Georges Lafaye, tome III, Livres XI-XV (Collection des Universités de France), Paris, Les Belles Lettres, 1966.

observées, notamment au sujet du bordé, semblent relever davantage du type de navire concerné et de l'impact de la réparation sur la charpente. Cette étude révèle également les limites de la documentation archéologique elle-même.

Le recensement des réparations a permis de différencier les travaux de réparation lourds qui nécessitent le recours à des chantiers navals offrant la possibilité d'un véritable carénage au sec ou à défaut d'un abattage en carène et la présence d'une main d'œuvre spécialisée, les interventions qui nécessitent un lieu abrité sans mise au sec et qui peuvent être réalisées en grande partie avec les moyens du bord, enfin les réparations d'urgence qui peuvent être mises en œuvre pendant le voyage. Dans ce cas, l'outillage et les matériaux utilisés trahissent des permanences que l'on retrouverait d'ailleurs bien au-delà de la période considérée.

Enfin se pose la question du statut social des personnes en charge des réparations plus spécialisées. En effet, certaines interventions sont complexes. Le remplacement des pièces maîtresses de la charpente exigeait de solides connaissances pour débiter, façonner et assembler ou réassembler l'ossature du navire. Ces connaissances sont les mêmes que celles nécessaires au moment de la construction initiale : propriétés mécaniques des essences et résistance en tenant compte du fil du bois. Les réparations importantes devaient être réalisées dans les chantiers dans lesquels étaient construits les navires et où se trouvaient les réserves de bois nécessaires. Peut-on imaginer alors des influences et des tâtonnements empiriques entre réparation et construction ? Ces influences pourraient-elles être à l'origine de nouvelles pratiques ? En l'occurrence, n'auraient-elles pas pu révéler aux constructeurs le potentiel qu'ils pouvaient tirer d'une charpente transversale déjà bâtie et qu'il suffisait alors d'assujettir à l'épine dorsale du navire. Bien entendu cet apport ne concernerait que l'aspect structurel du navire et en aucun cas la détermination de la forme.

BIBLIOGRAPHIE ARTICLE JÉZÉGOU

Adam 1984 : J.-P. Adam, *La construction romaine*. Paris 1984.

Arnaud 2011 : P. Arnaud, Ancient sailing routes and trade patterns : the impact of human factors. In : D. Robinson and A. Wilson (eds), *Maritime Archaeology and Ancient Trade in the Mediterranean*. Oxford 2011, 59-78.

Bass, Van Doorninck 1982 : G. F. Bass, F. H. Van Doorninck, *Yassı Ada: a Seventh-Century Byzantine Shipwreck*. College Station, Texas A&M University 1982, vol. 1.

Beltrame, Gaddi, 2007 : C. Beltrame, D. Gaddi, Preliminary Analysis of the Hull of the Roman Ship from Grado, Gorizia, Italy. *The International Journal of Nautical Archaeology* 36, n° 1, 2007, 138-147.

Bernard *et al.* 1998 : H. Bernard., J.-Cl. Bessac, P. Mardikian, M. Feugère, *L'épave romaine de marbre*

de Porto Novo. *Journal of Roman Archaeology* 11, 1998, 53-81.

Blondeau, Vial du Clairbois 1783 : E.-N. Blondeau, H.-S. Vial du Clairbois, *Encyclopédie méthodique, Marine, Tome Premier*, Panckoucke, Paris 1783.

Boetto 2005 : G. Boetto, Le navi romane di Napoli, In : D. Giampaola, V. Carsana, G. Boetto *et al.*, La scoperta del porto di *Neapolis*: dalla ricostruzione topografica allo scavo e al recupero dei relitti. *Archaeologia Maritima Mediterranea* 2, 2005, 63-76.

Boetto 2008 : G. Boetto, L'épave de l'Antiquité tardive Fiumicino 1 : analyse de la structure et étude fonctionnelle. *Archaeonautica* 15, 2008, 29-62.

Boetto 2009 : G. Boetto, New archaeological evidences of the *horeia*-type vessels : the roman Napoli C shipwreck from Naples (Italy) and the boats of Toulon (France) compared. In: R. Bockius (ed.), *Between the Seas. Transfer and exchange in nautical technology, Proceedings of the eleventh international symposium on boat and ship archaeology (ISBSA 11), Mainz 2006*. Mainz 2009, 289-296.

Boetto 2010 : G. Boetto, Les navires de Fiumicino, influences fluviales et maritimes. In : P. Pomey (dir.), *Transferts technologiques en architecture navale méditerranéenne de l'Antiquité aux temps modernes : identité technique et identité culturelle. Istanbul 2007, (Varia Anatolica, 20)*. Istanbul 2010, 137-150.

Boetto *et al.* 2009 : G. Boetto, V. Carsana, D. Giampaola, Il porto de *Neapolis*, i suoi relitti. In : X. Nieto Prieto, M.-A. Cau Ontiveros (dir.), *Arqueologia Nàutica Mediterrània* (Monografies del CASC, 8). Gérone 2009, 457-470.

Boetto *et al.* 2012a : G. Boetto, I. Radić Rossi, S. Marlier, Z. Brusić, L'épave de Pakoštane, Croatie (fin IV^e - début V^e siècle apr. J.-C.). Résultats d'un projet de recherche franco-croate. *Archaeonautica* 17, 2012, 105-151.

Boetto *et al.* 2012b : G. Boetto, A. Ghelli, P. Germoni, Due relitti d'époque romane rinvenuti a Isola Sacra, Fiumicino : primi dati sullo scavo e sulla struttura delle imbarcazioni. *Archaeologia Maritima Mediterranea* 11, 2012, 15-38.

Boetto, Poveda 2018 : G. Boetto, P. Poveda, Napoli A, un voilier abandonné dans le port de *Neapolis* à la fin du I^{er} siècle : architecture, fonction, restitution et espace de navigation. In : G. Boetto, E. Rieth, De re Navali. *Pérégrinations nautiques entre Méditerranée et océan Indien. Mélanges en l'honneur de Patrice Pomey*, (Archaeonautica 20), Paris 2018, 19-56.

Bonnefoux, Pâris 1980 : P. M. J. (de) Bonnefoux, E. Pâris, *Le dictionnaire de la Marine à voile*. Baudoin, Paris 1980.

Carrazé 1976 : F. Carrazé, De Carqueiranne aux îles d'Hyères. À propos de la première campagne sur l'épave B de la Jeaumegarde. *Cahiers d'Archéologie Subaquatique* 5, 1976, 161-166.

Carre, Jézégou 1984 : M.-B. Carre, M.-P. Jézégou, Les pompes de cale en usage sur les navires depuis l'Antiquité jusqu'au début du Moyen-Age. *Archaeonautica* 4, 1984, 115-143.

Cochet 2000 : A. Cochet, *Le plomb en Gaule romaine. Techniques de fabrication et produits*. (Monographies Instrumentum, 13). Montagnac 2000.

Connan, Charrié-Duhaut 2010 : J. Connan, A. Charrié-Duhaut, Étude géochimique d'enduits de surface, de tissus de calfatage, de blocs de poix et de bitume des épaves gallo-romaines du Parc Saint-Georges de Lyon. In : É. Rieth (dir.), *Les épaves de Saint-Georges - Lyon - I^{er}-XVIII^e siècles* (Archaeonautica, 16). Paris 2010, 147-169.

Croizeau 1996 : I. Croizeau, Une fouille sous-marine expérimentale. *Archeologia* 326, sept. 1996, 4-5.

Dangréaux *et al.* 2012 : B. Dangréaux, S. François, F. Guibal, S. Wicha, G. Gentric, L'épave de La Tour Fondue (Presqu'île de Giens, Var). Un bâtiment de cabotage dans la seconde moitié du III^e siècle avant J.-C. *Cahiers d'Archéologie Subaquatique* 19, 2012, 5-36.

Descamps 2007 : C. Descamps, Découvertes sous-marines. Port-Vendres 5. In : J. Kotarba, G. Castellvi, F. Mazière (dir.), *Les Pyrénées Orientales* (Carte Archéologique de la Gaule, 66). Paris 2007, 623-625.

Fiori, Joncheray 1973 : P. Fiori, J.-P. Joncheray, Mobilier métallique (outils, pièces de grément, armes) provenant de fouilles sous-marines. *Cahiers d'Archéologie Subaquatique* 2, 1973, 73-94.

Gassend 1998 : J.-M. Gassend, L'apport des découvertes de vestiges antiques du navire *Laurons 2* à la restitution d'une épave antique. In : É. Rieth (dir.), *Méditerranée antique. Pêche, navigation, commerce. Actes du 120^e congrès national des sociétés historiques et scientifiques, Aix-en-Provence 1995, Nice 1996*. Paris 1998, 197-201.

Gianfrotta, Pomey 1981 : P. A. Gianfrotta, P. Pomey, *Archeologia subaquea*. Milan, 1981.

Guibal 1998 : F. Guibal, Dendrochronologie des épaves de navires antiques de Méditerranée. In/ P. Pomey, É. Rieth (dir.), *Construction navale maritime et fluviale. Approches archéologique, historique et ethnologique*. (Archaeonautica 14). Paris, 1998, 303-308.

Guyon 2010 : M. Guyon, Les épaves. In : É. Rieth (dir.), *Les épaves de Saint-Georges, Lyon, I^{er}-XVIII^e siècles*. (Archaeonautica, 16). Paris, 2010, 48-97.

Israeli, Kahanov 2014 : E. Israeli, Y. Kahanov, The 7th-9th Century Tantura E Shipwreck, Israel: construction and reconstruction, *The International Journal of Nautical Archaeology* 43, n° 2, 2014, 369-388.

Jézégou 2007 : M.-P. Jézégou, Découvertes sous-marines. Port-Vendres 3. In : J. Kotarba, G. Castellvi, F. Mazière (dir.), *Les Pyrénées Orientales* (Carte Archéologique de la Gaule, 66). Paris, 2007, 623-625.

- Jézégou 2011 : M.-P. Jézégou, Lépave de la Conque des Salins, une embarcation lagunaire. In : G. Boetto, P. Pomey, A. Tchernia (dir.), *Batellerie gallo-romaine. Pratiques régionales et influences maritimes méditerranéennes* (Bibliothèque d'archéologie méditerranéenne et africaine, 9), Aix-en-Provence/Paris, 2011, 165-175.
- Jézégou, Descamps 1998 : M.-P. Jézégou, C. Descamps, Les vestiges du système de gouvernail découverts sur l'épave de La Mirande (*Port-Vendres 5*) In : É. Rieth (dir.) *Méditerranée antique. Pêche, navigation, commerce. Actes du 120^e congrès national des sociétés historiques et scientifiques, Aix-en-Provence 1995, Nice 1996*. Paris, 1998, 189-196.
- Jézégou et al. 2009 : M.-P. Jézégou, D. Rouquette, S. Wicha, The Roman Wreck at Conque des Salins. A type of vessel adapted to protected waters. *Skyllis* 9, n° 1, 2009, 78-84.
- Jézégou et al. 2015 : M.-P. Jézégou, P. Andersch Goodfellow, J. Letuppe, C. Sanchez, Underwater Construction and Maintenance. A wreck from Late Antiquity used to repair a breach in the bank of the Narbonne harbor channel. *Skyllis* 15, n° 1, 2015, 33-39.
- Jézégou et al. 2017 : M.-P. Jézégou, N. Huet, J.-M. Gassend, G. Le Corre, O. Musard, V. Magenti, M. Salvat, M. L. Bonnardot, S. Villevielle, F. Paul, Heur et malheur d'une épave d'époque romaine découverte à Port-Vendres (Pyrénées-Orientales). *Patrimoines du sud* 6, 2017, 7-21.
- https://inventaire-patrimoine-culturel.crlanguedocroussillon.fr/inventaire/rest/annotationSVC/Attachment/attach_upload_4d475169-8f42-4eb2-9885-0893a1969c66?fileName=1_Port-Vendres.pdf
- Jézégou et al. à paraître : M.-P. Jézégou, P. Andersch Goodfellow, J. Letuppe, C. Sanchez, A Wreck of Late Antiquity discovered in a Bank of the Narbonne Harbour Channel (France). In : *Under the Mediterranean: 100 years on ... The Honor Frost Foundation Conference of 'Mediterranean Maritime Archaeology', Nicosia 2017*. À paraître.
- Joncheray 1975a : J.-P. Joncheray, *Lépave C de la Chrétienne*, (Cahiers d'Archéologie Subaquatique, suppl. 1). Fréjus 1975.
- Joncheray 1975b : J.-P. Joncheray, Étude de l'épave *Dramont D* : IV, les objets métalliques. *Cahiers d'Archéologie Subaquatique* 4, 1975, 5-18.
- Joncheray 1986 : J.-P. Joncheray, Lépave G du *Dramont*. In : *L'exploitation de la mer de l'Antiquité à nos jours. La mer, moyen d'échange et de communication. Actes des VI^e rencontres internationales d'Archéologie et d'Histoire, Antibes 1985*. Valbonne 1986, 217-230.
- Joncheray, Joncheray 1997a : A. Joncheray, J.-P. Joncheray, Deux épaves du Bas-Empire romain. Deuxième partie : l'épave *Héliopolis 1*. *Cahiers d'Archéologie Subaquatique* 13, 1997, 137-164.
- Joncheray, Joncheray 1997b : A. Joncheray, J.-P. Joncheray, Lépave *Barthélémy B*. In : *Bilan Scientifique du DRASSM 1996*, Ministère de la Culture, Direction du Patrimoine, Paris 1997, 105-106.
- Joncheray, Joncheray 1997c : A. Joncheray, J.-P. Joncheray, *Dramont I*, description et étude de la coque d'une épave de marbres d'Asie Mineure du premier siècle ap. J.-C. *Cahiers d'Archéologie Subaquatique* 13, 1997, 165-195.
- Joncheray, Joncheray 2004 : A. Joncheray, J.-P. Joncheray, Lépave *Barthélémy B* à Saint-Raphaël. *Cahiers d'Archéologie Subaquatique* 15, 2004, 7-72.
- Kahanov, Mor 2014 : Y. Kahanov, H. Mor, The Dor 2001/1 Byzantine Shipwreck, Israel: final report. *The International Journal of Nautical Archaeology* 43, n° 1, 2014, 41-65.
- Katzev 1972 : M. L. Katzev, Le bateau de Cyrène. In : G.-F. Bass (dir.), *Archéologie sous-marine ; 4000 ans d'histoire maritime*. Paris 1972, 50-52.
- L'Hour, Veyrat, 2005 : M. L'Hour, E. Veyrat, De la gratte à l'herminette. In : M. L'Hour, E. Veyrat (dir.), *La mer pour mémoire. Archéologie sous-marine des épaves atlantiques*. Catalogue de l'exposition interrégionale. Paris 2005, 280-283.
- Linder, Kahanov 2003 : E. Linder, Y. Kahanov (eds), *The Ma'agan Mikhael Ship: The Recovery of a 2400-Year-Old Merchantman. Final Report*, vol. 1. Jérusalem 2003.
- Liou 1974 : B. Liou, Lépave romaine de l'anse Gerbal à Port-Vendres. *Comptes-rendus de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres*, 1974, 414-433.
- Liou, Pomey 1985 : B. Liou, P. Pomey, Recherches archéologiques sous-marines. *Gallia* 43, 1985, 547-576.
- Martino, Ocelli, 2009 : G. P. Martino, F. Ocelli, Rocchi di colonna e altri materiali dal relitto di Lerici: considerazioni sulla circolazione del marmo in età romana. *Archeologia Maritima Mediterranea* 6, 2009, 111-141.
- Matthews, Steffy 2003 : S. D. Matthews, J. R. Steffy, The hull remains. In : G. F. Bass et al. (eds), *Serçe Liman. An eleventh-century Shipwreck*, Vol. 1. *The ship and its anchorage, crew and passengers*. College Station, Texas A&M University 2003, 81-122.
- Mor 2010 : H. Mor, The Dor 2001/1 Shipwreck. Hull Construction Report. In : P. Pomey (dir.), *Transferts technologiques en architecture navale méditerranéenne de l'Antiquité aux temps modernes : identité technique et identité culturelle. Istanbul 2007*. (Varia Anatolica, 20). Istanbul 2010, 87-95.
- Nantet 2016 : E. Nantet, Phortia. *Le tonnage des navires de commerce en Méditerranée. Du VII^e siècle av. l'ère chrétienne au VII^e siècle de l'ère chrétienne*. Presse universitaires de Rennes, Rennes 2016.
- Parker 1992 : A.J. Parker, *Ancient Shipwrecks of the Mediterranean & the Roman Provinces* (British

Archaeological Reports, International Series, 580). Oxford 1992.

Pomey 1995 : P. Pomey Les épaves grecques et romaines de la place Jules Verne à Marseille. *Comptes-rendus de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres* 1995, 459-484.

Pomey 2002 : P. Pomey, Une nouvelle tradition technique d'assemblage antique : l'assemblage de la membrure par ligatures et chevilles. In : H. Tzalas (ed.), *Tropis VII. Proceedings of the 7th International Symposium on Ship Construction in Antiquity*, Pylos 1999, 2 vol. Athènes 2002, 597-604.

Pomey 2010 : P. Pomey, Introduction. In : P. Pomey (dir.), *Transferts technologiques en architecture navale méditerranéenne de l'Antiquité aux temps modernes : identité technique et identité culturelle*. Istanbul 2007. (*Varia Anatolica*, 20). Istanbul 2010, 15-26.

Pomey 2011 : P. Pomey, Les conséquences de l'évolution des techniques de construction navale sur l'économie maritime antique. In : W. V. Harris, K. Iara (eds), *Maritime Technology in the Ancient Economy: Ship-Design and Navigation* (Journal of Roman Archaeology. Suppl. series, 84). Portsmouth Rhode Island 2011, 39-45.

Pomey 2014 : L'entretien des ports antiques. Les chalands à chapelet de Marseille. In P. Pomey (dir.), Ports et navires dans l'Antiquité et à l'époque byzantine. *Dossiers d'Archéologie*, 364, Juillet-Août, 2014, 62-63.

Pomey, Guibal 1998 : P. Pomey, F. Guibal, L'utilisation du matériau bois dans la construction navale antique. In : É. Rieth (dir.), *Méditerranée antique, pêche, navigation commerce*. Actes du 120^e congrès national des sociétés historiques et scientifiques, Aix-en-Provence 1995, Nice 1996. Paris 1998, 159-175.

Pomey, Boetto 2019 : P. Pomey, G. Boetto, Ancient Mediterranean Sewn-Boat Traditions. *The International Journal of Nautical Archaeology* 48, n° 1, 2019, 5-51.

Pomey, Rieth 2005 : P. Pomey, É. Rieth, *L'archéologie navale*. Paris, 2005.

Riccardi 1997 : E. Riccardi, Porto San Paolo (SS). Località Cala Finanza. Relitto del Siciliano. *Bollettino di Archeologia* 46-48, 1997, 81-86.

Rival, 1991 : M. Rival, *La Charpenterie navale romaine. Matériaux, méthodes et moyens*. Paris, 1991.

Romme 1813 : Ch. Romme, *Dictionnaire de la marine française*. Paris 1813.

Sandrin *et al.* 2013 : P. Sandrin, A. Belov, D. Fabre, The Roman Shipwreck of Antirhodos Island in the Portus Magnus of Alexandria, Egypt. *The International Journal of Nautical Archaeology* 42, n°1, 2013, 44-59.

Santamaria 1984 : Cl. Santamaria, L'épave «H» de la Chrétienne à Saint-Raphaël (Var). *Archaeonautica* 4, 1984, 9-52.

Steffy 1985a : J.R. Steffy, The Kyrenia Ship: An Interim Report on its Hull Construction. *American Journal of Archaeology* 89, n° 1, 1985, 71-101.

Steffy 1985b : J.R. Steffy, The *Herculaneum* Boat : Preliminary Notes on Hull Details. *American Journal of Archaeology* 89, n° 3, 1985, 519-521.

Steffy 1987 : J. R. Steffy, The Kinneret boat project. Part 2 Notes on the construction of the Kinneret boat. *The International Journal of Nautical Archaeology* 16, n° 4, 325-329.

Steffy 1994 : J. R. Steffy, *Wooden ship building and the interpretation of shipwrecks*. College Station, Texas A&M University, 1994.

Steffy 1999 : J.R. Steffy, Ancient Ship Repair. In : H. Tzalas (ed.), *Tropis V. Proceedings of the 5th International Symposium on Ship Construction in Antiquity*, Nauplia 1993. Athènes 1999, 395-408.

Tchernia *et al.* 1978 : A. Tchernia, P. Pomey, A. Hesnard, *L'épave romaine de la Madrague de Giens (Var)*. (Suppl. à Gallia, 34). Paris 1978.

Tiboni, Tusa 2016 : F. Tiboni , S. Tusa, The Marausa Wreck, Sicily : interim report on a boat built in the western Imperial Roman tradition. *The International Journal of Nautical Archaeology* 45, n° 2, 2016, 239-252.