



HAL
open science

Construction et navigations du Gyptis. L'expérimentation appliquée à l'archéologie navale

Patrice Pomey, Pierre Poveda

► **To cite this version:**

Patrice Pomey, Pierre Poveda. Construction et navigations du Gyptis. L'expérimentation appliquée à l'archéologie navale. Presses universitaires de Rouen et du Havre. L'expérimentation un materiau de l'histoire, 32, Presses universitaires de Rouen et du Havre, pp.15-33, 2019, Changer d'époque, 9791024009612. halshs-02378116

HAL Id: halshs-02378116

<https://shs.hal.science/halshs-02378116>

Submitted on 24 Nov 2019

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

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



L'EXPÉRIMENTATION UN MATÉRIAU DE L'HISTOIRE

Sous la direction de Nicolas Monteix et Aurélien Poidevin

 PURH

Construction et navigations du *Gyptis*

L'expérimentation appliquée à l'archéologie navale

Patrice Pomey et Pierre Poveda

L'archéologie expérimentale est une ancienne tradition qui, en France, remonte à Napoléon III¹. Après une longue éclipse, elle connaît aujourd'hui un certain regain d'activité malheureusement parfois entaché par des phénomènes de mode². Pourtant, dans le domaine de l'histoire des techniques, la démarche expérimentale reste fondamentale dans la mesure où elle permet de valider les hypothèses de construction et de fonctionnement des « machines » étudiées en tant qu'objets historiques, de retrouver les gestes et les savoir-faire des constructeurs, de mettre en place les chaînes opératoires et d'évaluer leur mode d'utilisation. À cet égard, l'archéologie navale qui a pour objet l'étude du navire du point de vue technique, fonctionnel et social se prête particulièrement bien à l'archéologie expérimentale³. Si l'expérimentation peut prendre de nombreux aspects, la construction d'une réplique navigante, fondée sur les vestiges archéologiques d'un navire bien défini, en est le stade le plus abouti⁴. Une telle réplique d'un ancien navire permet, en effet, de mieux comprendre son système de construction, tant du point de vue structural que morphologique, et d'évaluer en grandeur réelle son mode de fonctionnement et ses qualités nautiques. Mais

1. Hélène Chew, « Napoléon III et l'archéologie expérimentale », dans « Napoléon III et l'archéologie : une politique archéologique nationale sous le Second Empire », *Bulletin de la Société historique de Compiègne*, n° 37, 2001, p. 211-238.

2. La prolifération des « archéosites » où sont proposées des reconstitutions historiques qui tiennent plus du parc de loisir que de l'archéologie expérimentale est significative à cet égard.

3. Patrice Pomey et Éric Rieth, *L'archéologie navale*, Paris, Errance, « Archéologiques », 2005.

4. Nous utilisons la notion de réplique dans le sens défini par Sean McGrail, « Replicas, reconstructions and floating hypotheses », *International Journal of Nautical Archaeology*, vol. 21, n° 4, 1992, p. 353-355, et reprise dans Valerie Fenwick, « The replication debate », *International Journal of Nautical Archaeology*, vol. 22, n° 3, 1993, p. 197 : « Copy of a surviving vessel, using the materials and techniques observed within the original, and to the same scale. » Sur l'archéologie navale et l'archéologie expérimentale, voir notamment : John Coates *et al.*, « Experimental boat and ship archaeology: principles and methods », *International Journal of Nautical Archaeology*, vol. 24, n° 4, 1995, p. 293-301 ; Ole Crumlin-Pedersen, « Experimental archaeology and ships—bridging the arts and the sciences », *International Journal of Nautical Archaeology*, vol. 24, n° 4, 1995, p. 303-306 ; Jenny Bennett (dir.), *Sailing into the Past: Learning from Replica Ships*, Barnsley, Seaforth, 2009 ; Éric Rieth (dir.), « Archéologie navale expérimentale. Bateaux antiques et médiévaux », *Archéothéma*, n° 18, 2012.

pour que l'opération soit valable, il est nécessaire de définir précisément et de manière cohérente le champ d'expérimentation et de respecter la démarche expérimentale fondée sur le strict respect d'un protocole d'expérimentation ayant pour objet l'évaluation critique des hypothèses de départ. Il importe aussi de disposer des données archéologiques ou historiques suffisantes pour fonder la pertinence de la restitution.

Si la *trirème⁵ antique construite en 1861 à Asnières, près de Paris, à la demande de Napoléon III, constitue la plus ancienne expérimentation jamais réalisée en archéologie navale⁶, force est de constater que depuis, et cela jusqu'à aujourd'hui, aucun programme de ce genre n'a été réalisé en France. En revanche, la Scandinavie – dont la première réplique navigante d'un navire viking trouvé à Gokstad (Norvège), réalisée en 1880, a traversé l'Atlantique nord en 1893 – s'est fait une spécialité de ce domaine notamment dans le cadre du musée des Navires vikings de Roskilde au Danemark⁷. Quant à la Méditerranée, à quelques rares exceptions près comme la construction de la réplique navigante, dite *Kyrénia II*, de l'épave grecque du IV^e siècle av. J.-C. de Kyrénia, et de la reconstruction hypothétique d'une *trière grecque du V^e siècle, baptisée *Olympias*, toutes deux réalisées en Grèce dans les années 1980, elle est restée en marge de ce courant expérimental⁸. Les raisons de ce retard, en France comme en Méditerranée, sont certainement multiples. Outre la complexité du montage de telles opérations qui nécessitent la mobilisation de nombreux moyens humains, techniques et financiers, l'absence d'une véritable culture maritime en est en France une des principales raisons. La réalisation du projet Prôtis avec la construction du *Gyptis*, réplique navigante d'un bateau grec archaïque du VI^e siècle av. J.-C., vient aujourd'hui combler en partie ce retard et cette lacune.

5. Les principaux termes du vocabulaire marin signalés par un astérisque lors de leur première utilisation sont définis en appendice.

6. Patrice Pomey et Éric Rieth, « La trirème antique de Napoléon III : un essai d'archéologie navale expérimentale sous le Second Empire », dans « Napoléon III et l'archéologie », *op. cit.*, p. 239-266.

7. Soren Nielsen, « Experimental archaeology at the Viking Ship Museum in Roskilde », dans Lucy Katherine Blue, Frederick M. Hocker et Anton Englert (dir.), *Connected by the Sea. Proceedings of the Tenth International Symposium on Boat and Ship Archaeology*, Oxford, Oxbow Books, 2006, p. 16-20 ; Ole Crumlin-Pedersen, Tinna Damgård-Sørensen et Morte Ravn, « Un lagskip viking du temps du duc Guillaume de Normandie », *Archéothéma*, n° 18, 2012, p. 47-53.

8. Michael Katzev et Suzanne Womer-Katzev, « *Kyrenia II*: Building a replica of an ancient Greek merchantman », dans Harry E. Tzalas (dir.), *Tropis I. 1st International Symposium on Ship Construction in Antiquity Proceedings, Pireus 1985*, Athènes, Hellenic Institute, 1989, p. 163-174 ; Michael Katzev, « An analysis of the experimental voyage of *Kyrenia* », dans Harry E. Tzalas (dir.), *Tropis II. 2nd International Symposium on Ship Construction in Antiquity Proceedings, Delphi 1987*, Athènes, Hellenic Institute, 1990, p. 245-256 ; John Sinclair Morrison et John F. Coates (dir.), *An Athenian trireme reconstructed. The British sea trials of Olympias*, Oxford, B.A.R., « BAR International Series », 1989. On ne tiendra pas compte des nombreuses restitutions fantaisistes qui sont régulièrement construites sans aucun fondement scientifique (voir en dernier lieu, Patrice Pomey, « Le *Kybélé* et l'archéologie expérimentale », *Archeologia*, n° 472, 2009, p. 12).

Les épaves *Jules-Verne 7* et *Jules-Verne 9*

Le projet trouve son origine, en juillet 1993, avec la découverte place Jules-Verne à Marseille, parmi plusieurs épaves antiques, de deux épaves grecques archaïques, dont la fouille et l'étude ont été confiées à l'équipe d'archéologie navale du Centre Camille-Jullian⁹ (fig. 1). Abandonnées près du rivage, vers la fin du VI^e siècle av. J.-C., les épaves grecques correspondent à des bateaux construits vers le milieu du siècle, c'est-à-dire par la deuxième génération des colons grecs venus de Phocée vers 600 av. J.-C. pour fonder Massalia. De ce fait, ces épaves reflètent les techniques de construction navale en usage à Phocée et en mer Égée à l'époque archaïque, que les colons grecs ont apportées avec eux.

En raison de leur caractère exceptionnel, dû autant à leur rareté qu'à leur bon état de conservation, les épaves ont été conservées afin d'être présentées au public. À cet effet, elles ont été démontées à l'issue de leur fouille, puis conduites au laboratoire Arc-Nucléart à Grenoble pour y subir un traitement de conservation et de restauration¹⁰. Elles sont depuis 2013 présentées au musée d'Histoire de Marseille, rénové à l'occasion de Marseille-Provence, capitale européenne de la culture 2013.

Bien que gisant l'une contre l'autre, les deux épaves correspondent à deux bateaux différents¹¹. La première, *Jules-Verne 9*, est celle d'une grande barque côtière de pêche et de transport de proximité, d'une dizaine de mètres de longueur, qui a notamment servi à la pêche au corail dont plusieurs fragments ont été retrouvés emprisonnés dans l'enduit d'étanchéité de la *coque¹². Elle présente la particularité d'être entièrement assemblée par ligatures, selon la tradition grecque archaïque des bateaux « cousus » alors en usage en mer

9. Patrice Pomey, « Les épaves grecques et romaines de la place Jules-Verne à Marseille », *Comptes rendus des séances de l'Académie des inscriptions et belles-lettres*, vol. 139, n° 2, 1995, p. 459-484. L'équipe placée sous la direction de Patrice Pomey, directeur de recherche au CNRS, était composée de Michel Rival et de Robert Roman, ingénieurs de recherche au CNRS. L'équipe a bénéficié du concours des fouilleurs de l'AFAN (Association pour les fouilles archéologiques nationales), sous la direction d'Antoinette Hesnard (Centre Camille-Jullian) responsable des fouilles préventives de la place Jules-Verne.

10. Henri Bernard-Maugiron, « Marseille, mille objets et trois épaves à conserver », dans Henri Bernard-Maugiron *et al.* (dir.), *Sauvé des eaux. Le patrimoine archéologique en bois, histoires de fouilles et de restaurations*, Grenoble, ARC-Nucléart, 2007, p. 77-78.

11. Patrice Pomey, « Les épaves grecques du VI^e siècle av. J.-C. de la place Jules-Verne à Marseille », dans Patrice Pomey et Éric Rieth (dir.), « Construction navale maritime et fluviale. Approches archéologique, historique et ethnologique », *Archaeonautica*, n° 14, 1999, p. 147-154 ; Patrice Pomey, « Les épaves grecques archaïques du VI^e siècle av. J.-C. de Marseille : épaves *Jules-Verne 7* et *9* et *César 1* », dans Harry E. Tzalas (dir.), *Tropis VI. 6th International Symposium on Ship Construction in Antiquity Proceedings, Lamia 1996*, Athènes, Hellenic Institute, 2001, p. 425-437.

12. Patrice Pomey, « Un témoignage récent sur la pêche au corail à Marseille à l'époque archaïque », dans Jean-Paul Morel, Cecilia Rondi-Costanzo et Daniela Ugolini (dir.), *Corallo di ieri, corallo di oggi*, Bari, Edipuglia, 2000, p. 37-39.

Égée¹³. Conservée sur 5 m de longueur, l'épave a gardé une partie de ses ligatures encore en place, ce qui a permis de connaître avec précision son mode d'assemblage. Bien qu'archaïque, ce dernier est loin d'être primitif et apparaît en revanche extrêmement sophistiqué. Ainsi, pour le *bordé, tout est mis en œuvre pour assurer à l'assemblage la plus grande efficacité et protéger au mieux les ligatures réalisées avec un triple fil de lin passé en aller et retour : tracés préliminaires à la pointe sèche pour la précision des points d'assemblage ; chevilles de pré-assemblage pour maintenir les planches en place et en forme et ainsi éviter les phénomènes de cisaillement en empêchant tout risque de jeu latéral ou vertical ; canaux obliques de passage des liens débouchant sur des évidements tétraédriques ménagés le long du bord des planches afin d'assurer la régularité de l'assemblage et la protection des ligatures ; petites chevilles de blocage des liens et d'obturation des canaux ; rouleau d'étanchéité en tissu de lin posé sur les joints et enserré par les ligatures. Les *membrures qui viennent renforcer la coque sont elles aussi assemblées par des ligatures venant les enserrer. Une égale sophistication s'observe dans la morphologie des *couples afin d'obtenir le serrage le plus efficace : pied étroit, flancs évasés, dos arrondi. Leur base est en outre entaillée d'évidements permettant d'éviter l'écrasement des ligatures du *bordé. Enfin, l'étanchéité de la coque est parfaite par une couche d'enduit composé d'un mélange de cire d'abeille et de poix de conifère, passée intérieurement et extérieurement¹⁴.

La seconde épave, *Jules-Verne 7*, conservée sur 13 m de long, correspond à un petit navire de commerce à voile d'une quinzaine de mètres de longueur capable de transporter une quinzaine de tonnes de marchandises. Elle présente en partie les mêmes ligatures que l'épave précédente, mais ces dernières sont limitées aux extrémités de la coque et sont aussi utilisées pour toutes les réparations. En revanche, pour la plus grande partie de la coque, il est fait appel à une nouvelle technique d'assemblage du *bordé par *tenons chevillés dans des mortaises et la membrure est dorénavant clouée. Issus des chantiers navals massaliotes de tradition phocéenne, le premier bateau représente l'ancienne tradition archaïque arrivée à son point d'aboutissement ultime, et le second le début de l'adoption d'une nouvelle technique de construction appelée à se répandre dans toute la Méditerranée en raison de sa plus grande solidité. À cet égard, ils témoignent d'une phase majeure et déterminante de l'évolution de la construction navale antique¹⁵.

13. Patrice Pomey, « De l'assemblage par ligatures à l'assemblage par tenons et mortaises », dans Patrice Pomey (dir.), *Transferts technologiques en architecture navale méditerranéenne de l'Antiquité aux temps modernes. Identité technique et identité culturelle*, Istanbul-Paris, Institut français d'études anatoliennes-Georges Dumézil, « *Varia anatolica* », 2010, p. 15-26.

14. Jacques Connan, « L'archéologie moléculaire et isotopique : étude géochimique des bitumes, brais et goudrons de bois », dans Jean-Claude Miskovsky (dir.), *Géologie de la préhistoire. Méthodes, techniques, applications*, Paris, Association pour l'étude de l'environnement géologique de la préhistoire, 2002, p. 1045-1066.

15. Patrice Pomey, « Un exemple d'évolution des techniques de construction navale antique : de l'assemblage par ligatures à l'assemblage par tenons et mortaises », dans Dominique Garcia et Dimitri Meeks (dir.), *Techniques et économie antiques et médiévales. Le temps de l'innovation*, Paris, Errance, 1997, p. 195-203 ; Patrice Pomey, « Les épaves grecques archaïques du VI^e siècle av. J.-C. de Marseille », art. cité.



Fig. 1. Les épaves *Jules-Verne* 7 et 9 lors de leur découverte en 1993.

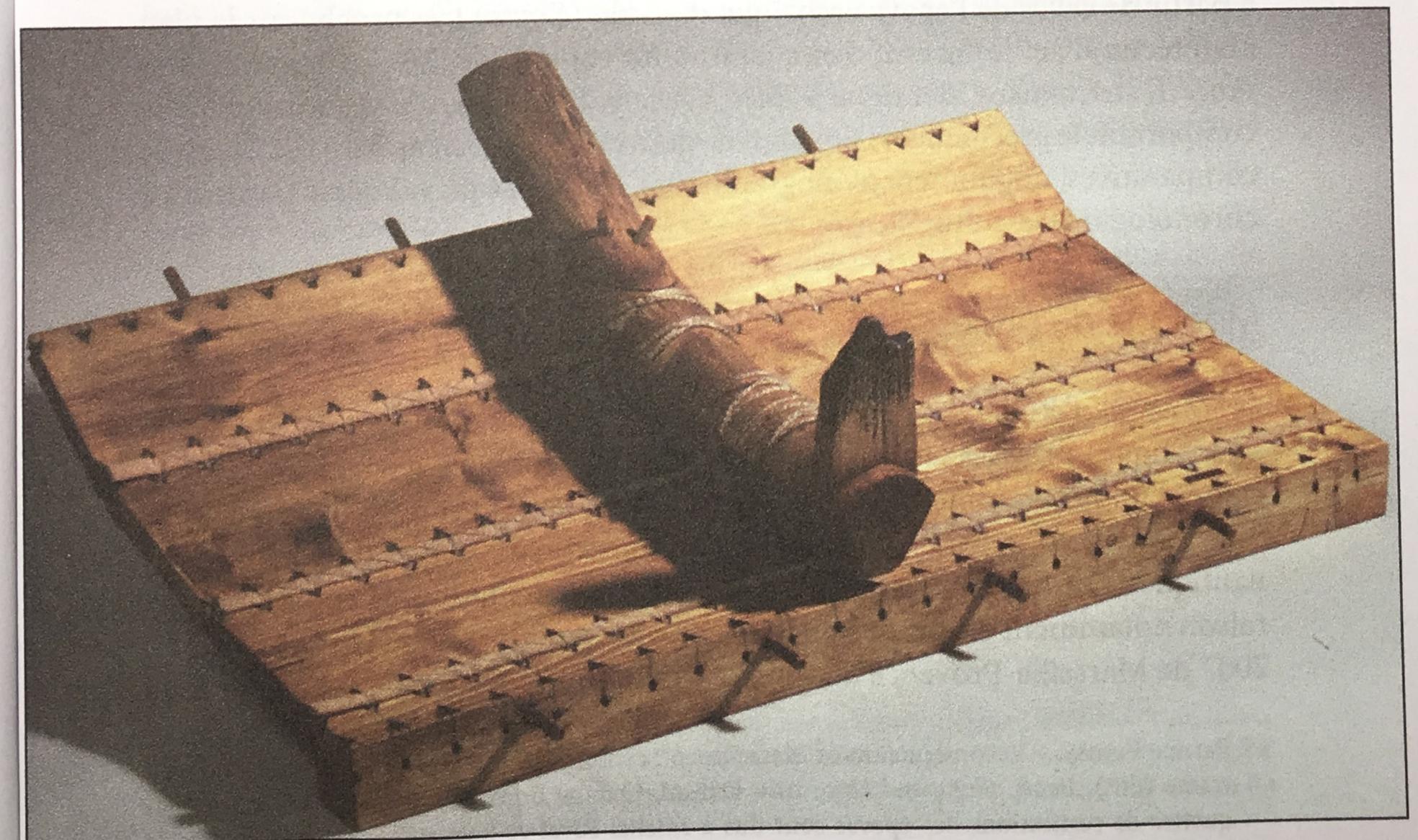


Fig. 2. Modèle d'étude des assemblages de l'épave *Jules-Verne* 9 réalisée à l'échelle 1:1.

Processus d'étude et de restitution

Parallèlement aux travaux de conservation des épaves, l'équipe du Centre Camille-Jullian a entrepris leur étude afin de déterminer leur structure et leur système de construction. À cette fin, un modèle d'étude grandeur nature de l'assemblage par ligatures de l'épave *Jules-Verne 9* a été réalisé afin d'en comprendre mieux le mode de fonctionnement (fig. 2). Puis, pour procéder à la restitution des navires d'origine à partir des vestiges de leurs épaves, un long processus a été mis en œuvre. Ce dernier est fondé sur le contrôle et la validation des différentes étapes des restitutions graphiques par des maquettes tridimensionnelles au 1/10^e ou au 1/5^e : maquette des vestiges servant de base aux restitutions, maquette des vestiges remis en forme après correction des déformations et remise en connexion des différents éléments, maquette de restitution des formes de la *carène après extrapolation à l'ensemble de la coque, maquette de restitution finale, formes, structure, gréement et appareil de gouverne¹⁶. Pour l'épave *Jules-Verne 9*, dont l'une des extrémités reste inconnue, il a fallu faire appel pour compléter les parties manquantes aux caractéristiques d'autres épaves¹⁷. Ce qui implique pour éviter tout risque d'anachronisme et d'hypothèse non fondée qu'elles soient bien de même époque et de même famille architecturale. Ainsi, la longueur a été restituée d'après celle de la *quille de l'épave *Villeneuve-Bargemone 1*, dite aussi *César 1*, de même type et qui fut trouvée à proximité immédiate de la place Jules-Verne dans le même contexte ; les formes des extrémités furent inspirées et adaptées à partir de celles de l'épave archaïque du Golo (Corse) très proche sur le plan architectural ; et le *massif d'emplanture fut copié sur celui de l'épave de *Bon Porté 1*, strictement identique à *Jules-Verne 9*. Enfin, pour la restitution finale comportant le gréement et l'appareil de gouverne, on a fait appel à des données comparatives, notamment iconographiques, dont on a pu valider la pertinence chronologique et culturelle (fig. 3).

Montage du projet

Mais si l'étude de restitution a pu être menée à bien sur des bases scientifiques précises, seule la construction de répliques navigantes, dans le cadre d'un programme d'archéologie expérimentale, permet d'en contrôler le bien fondé, d'appréhender les systèmes de construction et d'évaluer les qualités nautiques des navires restitués. Après plusieurs tentatives ayant échoué en raison notamment de l'importance des moyens à réunir, c'est la candidature en 2007 de Marseille-Provence au titre de capitale européenne de la culture 2013

16. Patrice Pomey, « Reconstruction of Marseilles 6th century BC Greek Ships », dans Carlo Beltrame (dir.), *Boats, Ships and Shipyards*, Oxford, Oxbow Books, 2003. Les plans et les maquettes de restitutions des épaves sont dus à Michel Rival et Robert Roman, ingénieurs de recherche CNRS, Centre Camille-Jullian.

17. *Ibid.*, 2003, p. 57-65.

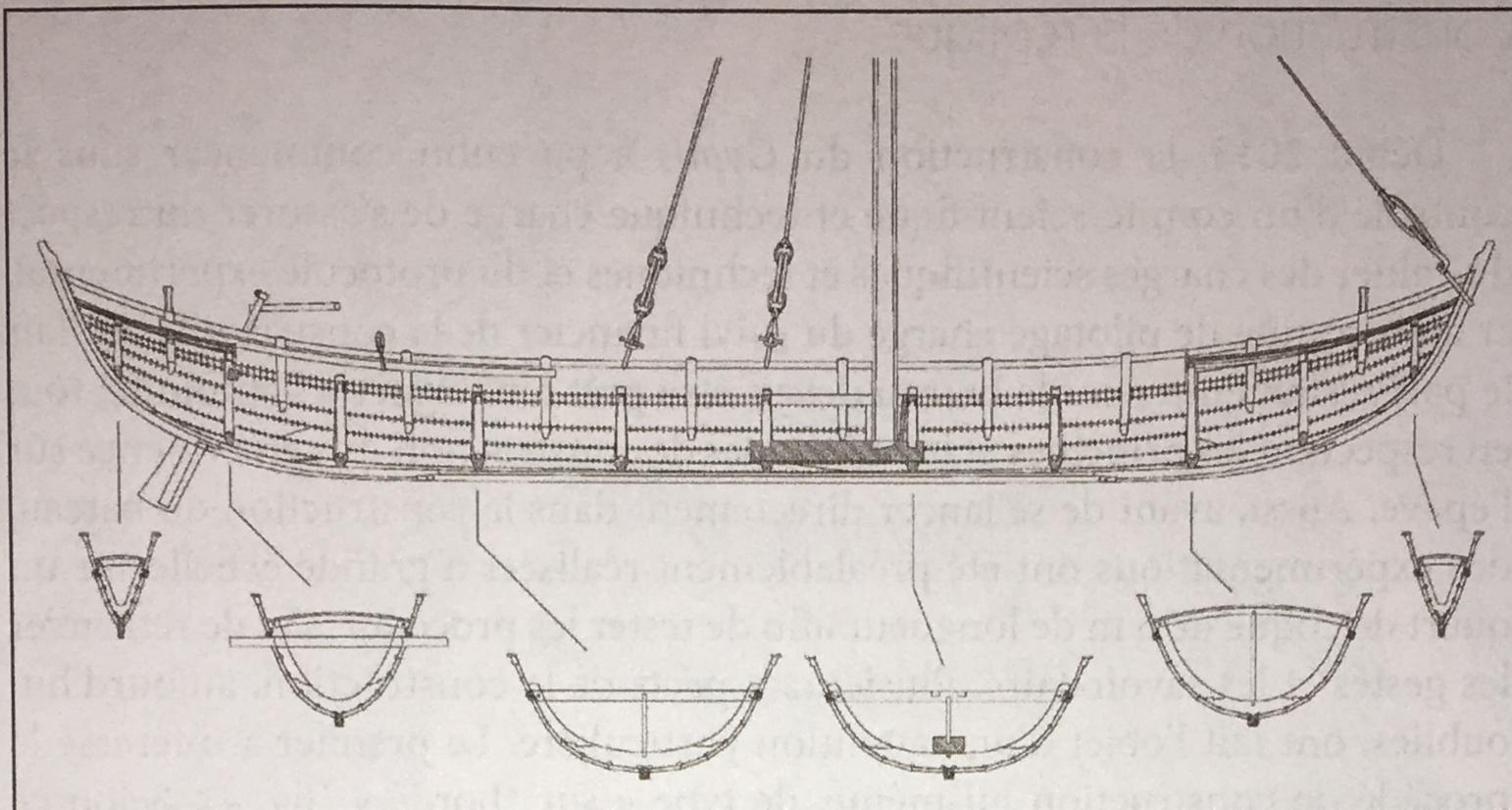


Fig. 3. Plan de restitution de l'épave *Jules-Verne 9* tel qu'utilisé durant la réalisation du *Gyptis*.

qui a offert l'opportunité de monter le projet Prôtis visant à la construction des répliques navigantes issues des épaves *Jules-Verne 7* et *9*. Plusieurs années ont été néanmoins nécessaires pour monter le projet qui a été finalement limité, pour des raisons financières, à la construction de la seule réplique navigante de la plus petite des épaves, *Jules-Verne 9*, baptisée *Gyptis*. Elle a donné lieu à une convention signée entre, d'une part, les tutelles du Centre Camille-Jullian, l'université d'Aix-Marseille qui a pris la maîtrise d'ouvrage du projet et le CNRS qui a prêté son concours scientifique, et, d'autre part, la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur et la communauté urbaine Marseille-Provence-Métropole qui ont assuré le financement de la construction¹⁸. Le chantier naval traditionnel Borg à Marseille a été alors mandaté pour construire le bateau ainsi que l'association Arkaeos, dont l'une des vocations est le développement de l'archéologie navale, qui a été chargée d'une mission de gestion et de coordination du projet. Enfin, une convention de co-production a été passée avec l'organisation Marseille-Provence 2013 pour assurer le financement des navigations entrant dans le cadre des manifestations de l'année.

Entretemps, dès 2010, il a été procédé aux approvisionnements, en liaison avec l'Office national des forêts (ONF) et en respectant les analyses des bois de l'épave¹⁹ : chênes de la forêt de Cadarache pour la quille, l'*étrave et l'*étambot ; pins d'Alep de la forêt de Gémenos pour le *bordé, et des Pennes-Mirabeau pour les *membrures.

18. Nous tenons à remercier ici tout particulièrement le professeur Bernard Morel, ancien directeur de la Maison méditerranéenne des sciences de l'homme et vice-président de la région PACA qui a toujours soutenu le projet depuis son origine et qui fut le principal artisan du montage de l'opération.

19. Les analyses xylologiques ont été réalisées par Frédéric Guibal, chargé de recherche à l'Institut méditerranéen de biodiversité et d'écologie marine et continentale (AMU, CNRS).

Construction de la réplique

Début 2013, la construction du *Gyptis* a pu enfin commencer sous le contrôle d'un comité scientifique et technique chargé de s'assurer du respect du cahier des charges scientifiques et techniques et du protocole expérimental, et d'un comité de pilotage chargé du suivi financier de la construction²⁰. Mais le pari restait entier car le bateau devait être prêt à naviguer à l'automne, tout en respectant les principes et les méthodes de construction mis en évidence sur l'épave. Aussi, avant de se lancer directement dans la construction du bateau, des expérimentations ont été préalablement réalisées à grande échelle sur un quart de coque de 5 m de longueur afin de tester les procédures et de retrouver les gestes et les savoir-faire. Plusieurs aspects de la construction, aujourd'hui oubliés, ont fait l'objet d'une attention particulière. Le premier a intéressé le procédé de construction lui-même, de type « sur *bordé » (fig. 4). Selon ce procédé, et contrairement aux pratiques traditionnelles de la construction « sur squelette », les planches du *bordé sont directement mises en place sans l'aide de gabarit ni de *membrures. Ces dernières, destinées à renforcer la *carène, ne sont mises en place qu'après la pose préalable des planches du *bordé.

Totalement oubliée de nos jours, cette technique a nécessité de recourir au ployage des planches à la vapeur puis à leur ajustement sur place directement à la flamme sur le bois abondamment mouillé, selon des pratiques attestées dans l'Antiquité par plusieurs textes²¹. Ce procédé de construction implique que toutes les planches du *bordé soient solidement assemblées entre elles. Aussi, le second aspect de l'expérimentation a-t-il concerné les assemblages par ligatures qui se sont révélés particulièrement longs et fastidieux. S'il a fallu restituer un outil particulier pour la taille des évidements tétraédriques, les percements des 10 000 points de ligatures ont été finalement effectués avec une perceuse électrique ne remettant pas en cause les principes de construction mais assurant un gain de temps considérable (fig. 5).

Quant aux ligatures à trois brins et à leur cheminement, il est apparu que la solution la plus satisfaisante du point de vue de la faisabilité et du temps de travail consistait à passer tout d'abord un double brin en aller et retour suivi d'un passage en aller et retour d'un brin simple. Le dernier aspect expérimenté fut celui de l'étanchéité de la coque à partir d'un enduit composé, selon les analyses effectuées sur l'épave, d'un mélange de cire d'abeille et de poix de conifère dont il a fallu retrouver la composition la plus efficace. En outre, parallèlement aux expérimentations, une modélisation informatique 3D de l'ensemble du bateau et de toutes les pièces de la structure, du gréement et des équipements a été réalisée. Elle a permis de préfigurer toutes les phases de la construction et d'effectuer le façonnage de toutes les pièces avec une

20. Le cahier des charges a été établi par Sabrina Marlier, docteur en archéologie navale, dans le cadre d'un contrat post-doctoral du CNRS affecté au Centre Camille-Jullian.

21. Patrice Pomey, « Plaute et Ovide architectes navals ! », *Mélanges de l'École française de Rome. Antiquité*, vol. 85, n° 2, 1973, p. 493.



Fig. 4. Vue du montage du *bordé et des *varangues de fond du Gyptis.



Fig. 5. Vue de détail de l'assemblage par couture du *bordé et par ligatures de la membrure du *Gyptis*.



Fig. 6. L'œil apotropaïque tribord du *Gyptis*.

grande précision. Il est évident que cette modélisation, complétant les études de restitution et illustrant de façon très précise le cahier des charges, a constitué un facteur important de la réussite de la construction.

Malgré les expérimentations, les débuts de la construction ont été délicats. Mais au fur et à mesure de l'avancement du travail, l'expérience acquise a permis à l'équipe des charpentiers, aidés par des étudiants et des bénévoles chargés d'effectuer les 5 km de ligatures nécessaires, de prendre son rythme²². Il restait enfin à respecter les traditions et à donner à la réplique une allure correspondant à celle des navires grecs archaïques. Selon une pratique bien attestée sur de nombreuses épaves antiques, une monnaie porte-bonheur a été tout d'abord placée sous le massif d'implanture du mât. Puis l'enduit extérieur de la coque a été teinté en noir pour la *carène et en rouge lie de vin pour le *pavois conformément aux représentations iconographiques et aux descriptions des textes antiques. De plus, la *proue a été ornée des yeux décorant habituellement l'avant des anciens navires grecs et qui possèdent à la fois une fonction apotropaïque et une fonction d'assimilation du navire à un être marin (fig. 6). Enfin, la *poupe a reçu le nom du bateau, en transcription latine sur tribord et en grecque ionien archaïque sur bâbord.

Le 12 octobre 2013, le *Gyptis* a été officiellement mis à l'eau au Vieux-Port de Marseille à l'occasion de la fête de la Science et en présence d'un nombreux public. Ainsi, 2 600 ans après le lancement du bateau d'origine, sa réplique navigante fendait à son tour les eaux du Lacydon.

Après un bref retour au chantier pour achever certains éléments de la structure, mettre en place les *tillacs de proue et de poupe, le bateau a reçu ses deux gouvernails latéraux et son gréement venant compléter le système de propulsion à rames. La voile de type carré, selon le modèle antique, mesure 25 m². Elle a été confectionnée, à défaut de pouvoir se procurer de la toile de lin conformément aux textes anciens, dans un tissu composite de lin et de coton. Elle est suspendue à une *vergue perpendiculaire au mât et comporte, en plus des *bras et des *écoutes habituelles d'un gréement carré, une série importante de cordages, des *cargues, qui remontent le long de la face antérieure de la voile pour redescendre vers l'arrière du bateau. En agissant sur les cargues à la façon d'un store vénitien, on peut modifier la géométrie de la voile, ou la réduire, selon les besoins et l'allure du vent. Les cordages ont été réalisés en chanvre toujours selon les textes anciens, et les différents agrès (poulies, *moques, *caps-de-mouton, *cabillots...) ont été copiés sur des modèles provenant des épaves antiques. Mesurant 9,85 m de long sur 1,88 m de large au *maître-couple, lesté de 720 kg de galets, le *Gyptis* était fin prêt pour ses premiers essais en mer²³.

22. La coordination de la construction et la mise en œuvre des navigations ont été confiées à Pierre Poveda, docteur en archéologie navale, alors chercheur associé au Centre Camille-Jullian et membre d'Arkaeos. Les modélisations 3D lui sont dues. L'équipe des charpentiers de marine du chantier naval Borg était composée de Sammy Bertoliatti, José Cano, Thierry Garval, Pierre Jacot-Descombes et Nabil Merabet.

23. Voir en dernier lieu, Patrice Pomey, « Le projet Prôtis. Construction de la réplique navigante d'un bateau grec du VI^e siècle av. J.-C. », *Comptes rendus des séances de l'Académie des inscriptions et belles-lettres*, vol. 155, n° 3, 2014, p. 1333-1357.

Navigations expérimentales

La seconde phase d'expérimentation entreprise lors du projet correspond aux tests et à la mesure des qualités nautiques de la réplique à la mer. L'objectif global de ces navigations était de juger de l'adaptation du *Gyptis* à sa fonction et à son espace de navigation supposés. Dans ce cadre nous avons été amenés à nous interroger sur des éléments plus particuliers de la réplique tels que :

- l'adéquation des matériaux de couture et d'étanchéité une fois à la mer ;
- la stabilité transversale de l'embarcation ;
- l'évaluation des gouvernails latéraux et de la *voile carrée ;
- les performances sous voiles et à la rame.

Afin d'effectuer l'ensemble de ces observations le bateau a pris part, sur une période s'étalant de novembre 2013 à juin 2015, à près d'une cinquantaine de sorties qui lui ont permis de parcourir environ 500 miles nautiques dans des conditions variées de mer et de vent (fig. 7). Ces sessions de navigation peuvent se diviser en deux catégories bien distinctes, à relier avec les fonctions supposées du navire : d'une part, des navigations à la journée dans la rade de Marseille, correspondant à l'espace de pêche privilégié, et, d'autre part, des voyages plus conséquents dans l'espace régional proche, dans un rayon de 50 miles nautiques, correspondant aux activités de cabotage envisagées à partir des vestiges de l'épave *Bon-Porté 1*, de type identique à *Jules-Verne 9*, découverte en 1967 au large de Saint-Tropez et chargée d'une cargaison d'une trentaine d'amphores étrusques et massaliotes²⁴.

Dans la plupart des cas, pour des questions évidentes de sécurité et de commodités, un bateau accompagnateur était initialement prévu. On notera que, si pour les plus longs trajets une telle aide fut systématique, elle fut très vite jugée superflue, bien que souhaitable, lors des sorties en rade de Marseille. Concernant le facteur humain, c'est une vingtaine de personnes, archéologues, étudiants, photographes, vidéastes, charpentier de marine mais aussi amateurs de voile, qui a formé à tour de rôle l'équipage du bateau. Le nécessaire apprentissage des spécificités du *Gyptis*, tant pour le barreur que pour les équipiers, aura requis presque une année complète avant d'atteindre ce que l'on peut considérer comme une utilisation relativement convenable de l'embarcation, permettant une compilation statistique des données de vitesse et d'angle qui soient proches de celles de l'époque. À ce titre, l'instrumentation mise en œuvre dans les prises de mesures en navigation sur le *Gyptis* se révèle des plus simples : une girouette-anémomètre placée en tête de mât renvoie en wifi vers une tablette électronique, munie d'un GPS, l'ensemble des informations nécessaires à l'évaluation des performances à l'instar de ce qui

24. Jean-Pierre Joncheray, « L'épave grecque, ou étrusque, de Bon-Porté », *Cahiers d'archéologie subaquatique*, vol. 5, 1976, p. 5-26.



Fig. 7. Le Gyptis navigant par vent de travers entre Les Embiez et La Ciotat.

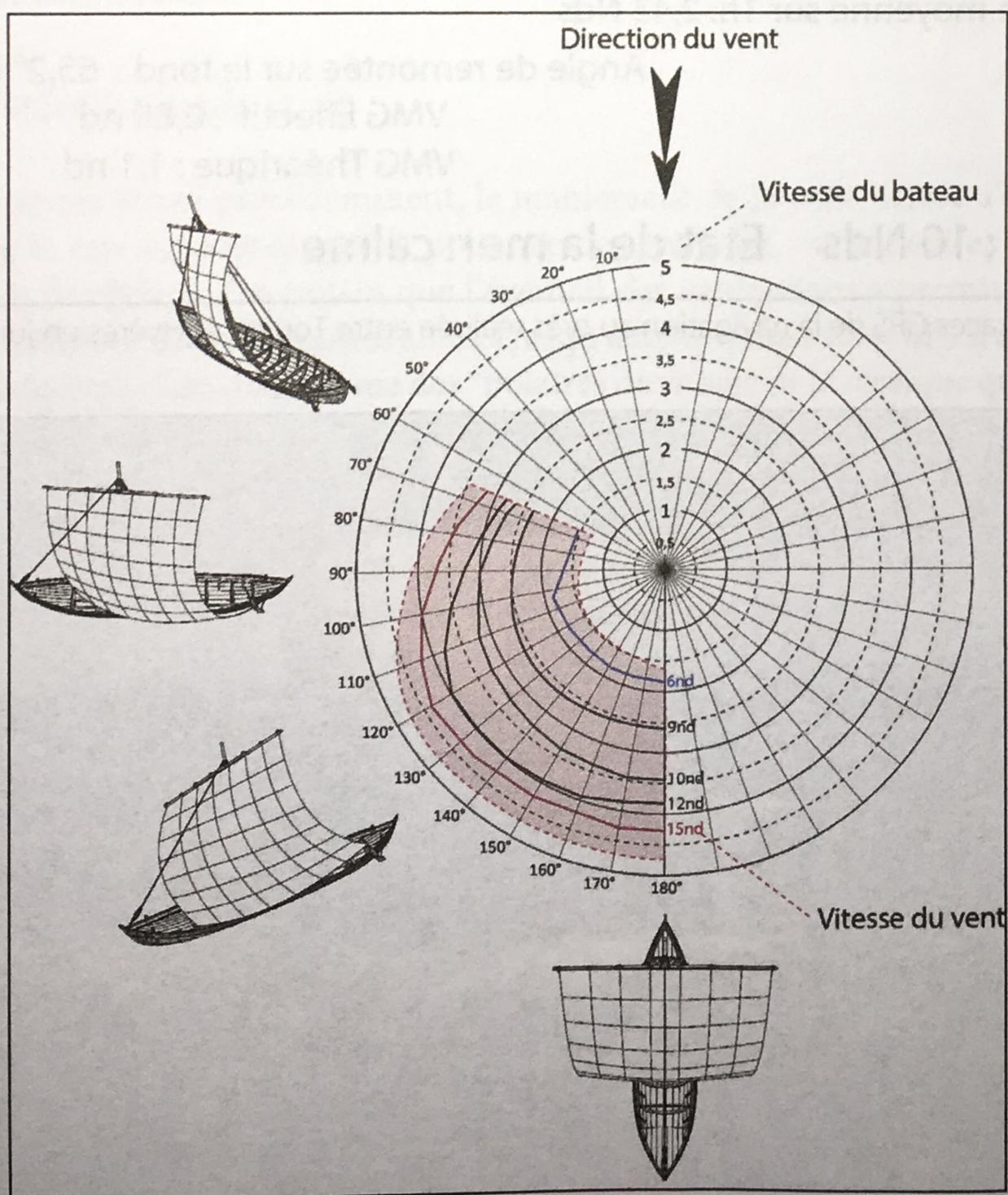


Fig. 8. *Polaires de vitesse du Gyptis pour des vitesses de vent de 6, 9, 10, 12 et 15 nœuds.

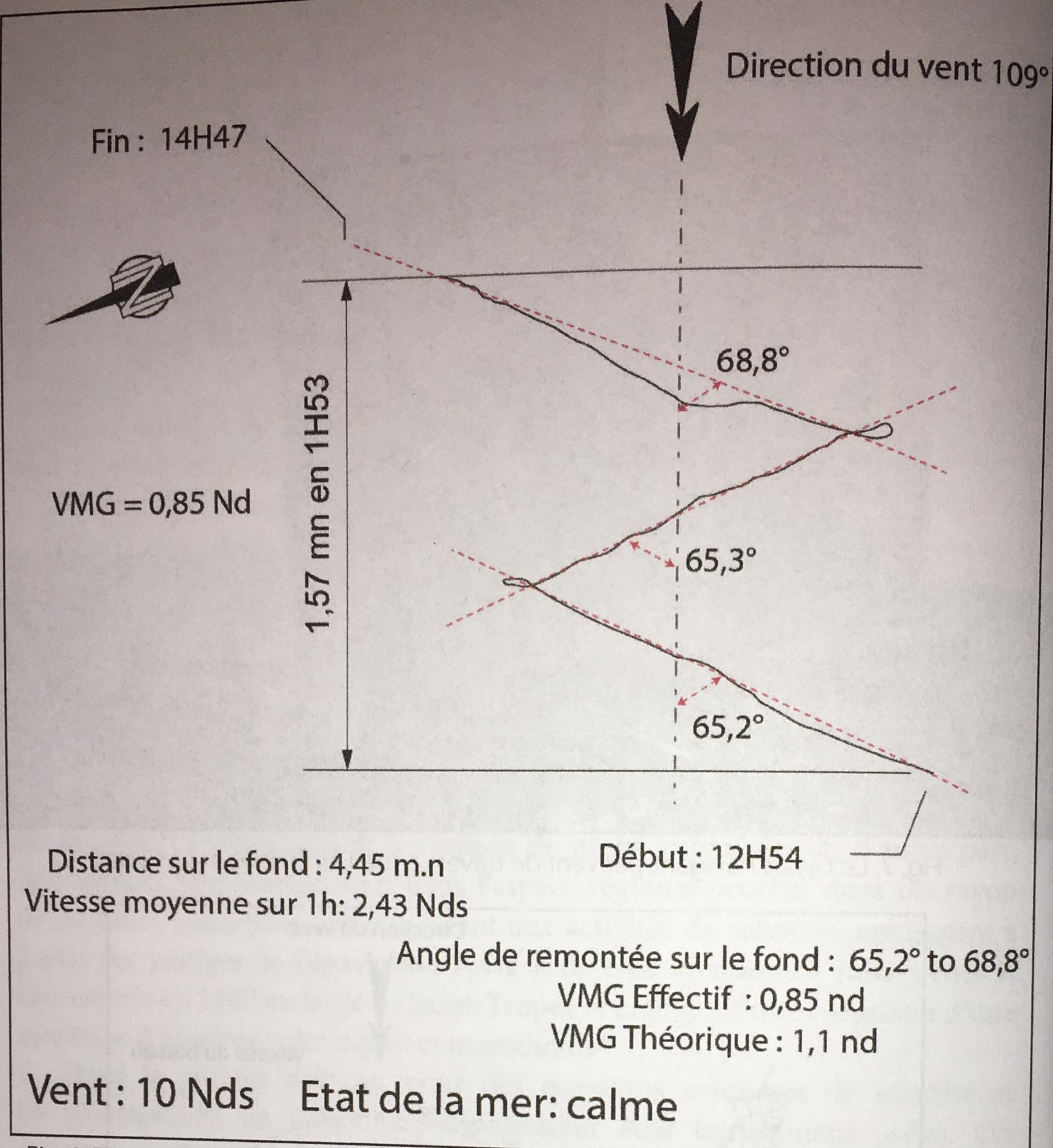


Fig. 9. Traces GPS de la navigation au près réalisée entre Toulon et Hyères en juin 2014.

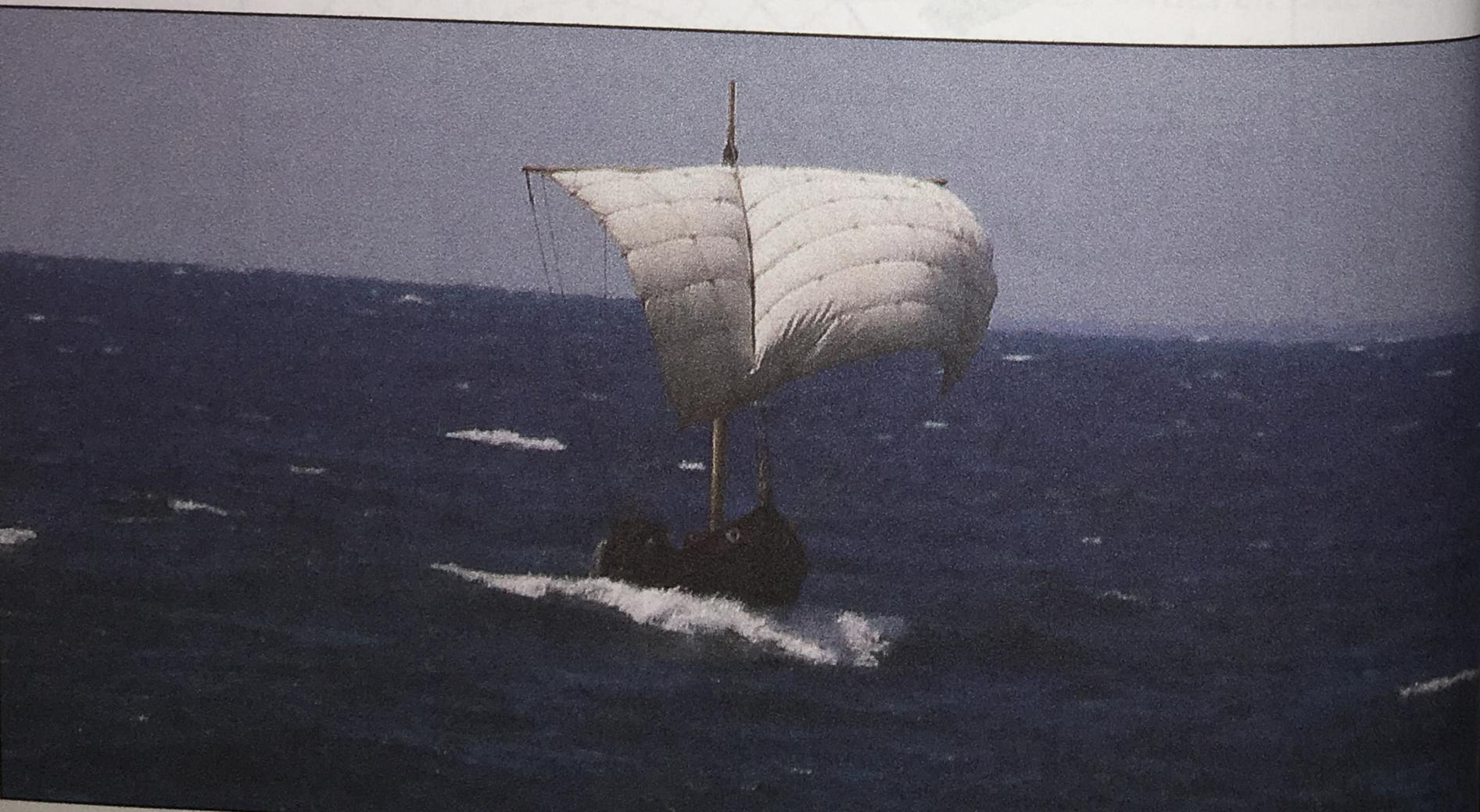


Fig. 10. Le Gyptis rentrant au Vieux-Port un jour de fort mistral.

était préconisé par Colin Palmer pour ce genre d'expérimentation²⁵. Sont ainsi enregistrés pour chaque session, le parcours du bateau ainsi que diverses informations telles que : le cap, la route sur le fond, la vitesse du bateau sur le fond, la vitesse du vent apparent, la vitesse réelle, l'angle du vent apparent et l'angle du vent réel.

Ce sont ces éléments bruts qui, après compilation, ont permis de produire les données présentées ici.

Déplacement à la rame

Les dimensions de l'embarcation, sa morphologie ainsi que sa fonction supposée amène naturellement à restituer le double mode de propulsion, voile et avirons. L'usage des rames en navigation s'est essentiellement pratiqué avec quatre ou six rameurs. Lors de longues phases de rame par temps calme, d'une durée supérieure à deux heures, la vitesse moyenne mesurée est alors de 2,5 nœuds pour un équipage de quatre rameurs et de 3,5 nœuds pour un équipage de six rameurs. La recherche d'une vitesse maximale ponctuelle a mis en évidence que la rame pouvait permettre d'atteindre sur un instant bref, de quelques minutes, la vitesse de 4,1 nœuds au prix d'un effort considérable de la part des rameurs.

Déplacement à la voile

Comme relaté précédemment, le maniement de la voile carrée s'est révélé tout à la fois sécurisant, par la présence des *cargues, mais aussi exigeant en termes de réglage. On notera que l'éventail des navigations a permis de tester cette dernière sous différentes allures jusqu'à force 6 Beaufort (Bf). Il en résulte la production d'un diagramme des *polaires de vitesse de la réplique qui permet de rendre compte, pour une vitesse de vent et un angle de navigation donnés, de la vitesse du bateau (fig. 8). Il est à noter que ce diagramme intègre la dérive et représente donc des vitesses et des angles d'évolution reportés sur le fond, soit les performances réelles du *Gyptis*. Par ailleurs, on estime qu'à l'heure actuelle, trop peu de mesures ont été effectuées sous certaines allures au-delà de 15 nœuds. Pour ces mêmes conditions, il n'est pas aussi inutile d'évoquer notre relative inexpérience dans le réglage et la réduction de la voilure (voir *infra*).

25. Colin Palmer, « Measuring performance under sail », dans Jenny Bennett (dir.), *Sailing into the Past*, op. cit., p. 54-69 ; Anton Englert, « Trial voyages as a method of experimental archaeology: the aspect of speed », dans Lucy Katherine Blue, Frederick M. Hocker et Anton Englert (dir.), *Connected by the Sea. Proceedings of the Tenth International Symposium on Boat and Ship Archaeology*, op. cit., p. 35-42 ; Anton Englert, « Travel speed in the Viking age: results of trial voyages with reconstructed ship finds », dans Nergis Günsenin (dir.), *Between continents. International Symposium on Boat and Ship Archaeology*, Istanbul, Ege Yayinlari, 2012, p. 269-277.

Naviguer au près ?

Du point de vue historiographique, la question de la capacité des navires antiques méditerranéens à remonter au vent s'est révélée relativement fertile en discussions²⁶. La question de la capacité à naviguer au *près du *Gyptis* s'est donc tout naturellement posée avant même le lancement du navire.

Les différentes navigations effectuées avec la réplique ont permis de bien préciser les capacités du *Gyptis* à cette allure. Globalement, l'allure du près s'accompagne d'une diminution sensible de la vitesse et d'une augmentation rapide de la dérive (de 15° à 25°), en fonction de l'état de la mer notamment. Il apparaît d'ailleurs difficile de maintenir cette allure de façon productive au-delà de force 4 Bf, la limite étant naturellement, comme pour le travers, plutôt l'état de la mer que la vitesse du vent. Une telle allure nécessite d'ailleurs de la part de l'équipage une attention très soutenue : en plus du barreur et des deux équipiers dédiés à l'écoute et à l'amure, le reste de l'équipage doit demeurer attentif à l'assiette longitudinale et surtout transversale de l'embarcation en agissant comme un réel lest mobile. Il est à noter qu'à partir du vent de travers, le *Gyptis* se révèle naturellement ardent et que l'on est en mesure de parfaitement l'équilibrer sur sa route au près serré, le tout en conservant une barre neutre, ce qui paraît confirmer les idées précédemment avancées par Colin Palmer²⁷.

Dans le détail, les mesures en navigation sur le *Gyptis* sont venues confirmer pour la Méditerranée antique les données précédemment mesurées dans l'espace nordique et baltique pour les gréments carrés plus récents. Dans des conditions idéales, jusqu'à force 4 Bf et mer calme, le *Gyptis* présente un angle de remontée au vent sur le fond au mieux de 65° (fig. 9). La dérive est alors mesurée aux alentours de 15°. Le *Velocity Made Good* (VMG), soit la vitesse ramenée sur la route directe, du *Gyptis* au vent dans cette configuration est

26. Sur l'interprétation des textes, voir : Lionel Casson, *Ships and seamanship in the ancient world*, Princeton, Princeton University Press, 1971 ; Jean Rougé, « Romans grecs et navigation : le voyage de Leucippé et Clitophon de Beyrouth en Égypte », *Archaeonautica*, vol. 2, 1978, p. 265-280 ; Patrice Pomey (dir.), *La navigation dans l'Antiquité*, Aix-en-Provence, Édisud, 1997. Sur l'aspect technique, voir : Philippe Allard, *Caractéristiques nautiques et performances des navires antiques. L'apport de l'architecture navale associée aux données archéologiques*, mémoire, EHESS, 1997, 135 p. (dactyl.) ; Thomas Gilmert, « The capability of the single square sail rig. A technical assessment », dans Seán McGrail (dir.), « The archaeology of medieval ships and harbours in northern Europe », *BAR International Series*, n° 66, 1979, p. 167-181 ; T. Rice Holmes, « Could ancient ships work to windward? », *The Classical Quarterly*, vol. 3, n° 1, 1909, p. 26-39 ; Colin Palmer, « Windward sailing capabilities of ancient vessels », *International Journal of Nautical Archaeology*, vol. 38, n° 2, 2009, p. 314-330 ; Owain T. P. Roberts, « An explanation of ancient windward sailing—some other considerations », *International Journal of Nautical Archaeology*, vol. 24, n° 4, 1995, p. 307-315 ; Robert Roman, *Étude architecturale comparative de sept navires de commerce gréco-romains et byzantins*, thèse de doctorat, Université de Provence, 1997, 259 p. (dactyl.) ; Julian Whitewright, « The potential performance of ancient Mediterranean sailing rigs », *International Journal of Nautical Archaeology*, vol. 40, n° 1, 2011, p. 2-17.

27. Colin Palmer, « Reflections on the balance of traditional sailing vessels », *International Journal of Nautical Archaeology*, vol. 38, n° 1, 2009, p. 90-96.

alors de 0,85 nœud (même si une minimisation des virements de bord pourrait permettre d'atteindre en théorie 1,1 nœud).

Soulignons que dans le cadre de conditions vraiment légères, l'usage léger d'une seule paire d'aviron permet de stabiliser la vitesse et le cap, tandis que les cargues, bien utilisées, permettent de virer vent debout sans avoir à culer. Par contre, dès que la mer grossit et que le vent forçit, la capacité du *Gyptis* à remonter au vent devient critique. Ainsi, une navigation effectuée par 13 nœuds de vent avec une mer un peu formée (0,5 m de hauteur significative de vague), a mis en évidence une augmentation rapide de la dérive qui s'établit à 25° en moyenne, pour un angle de remontée sur le fond de 78°, soit un VMG réduit à 0,35 nœuds. Nul doute qu'une tentative de remontée au vent dans des conditions de mer plus hostiles mettrait alors en évidence un VMG négatif, phénomène déjà constaté sur la cog hanséatique²⁸ (fig. 10).

Conclusion

Particulièrement concluante, l'expérience de la construction de la réplique navigante *Gyptis* a permis de beaucoup apprendre sur les procédés de construction antiques et montré le remarquable savoir-faire des charpentiers navals massaliotes capables de réaliser des bateaux particulièrement performants pour leur époque. Si l'expérimentation a confirmé le bien fondé des théories sur les principes et méthodes de construction* sur *bordé et démontré les possibilités offertes par les assemblages par ligatures, elle a aussi permis de répondre à certaines questions jusqu'alors restées sans réponse et même de mettre en évidence des procédés non soupçonnés. Quant aux navigations, elles ont permis de préciser les qualités nautiques et les performances du navire à diverses allures et sous différentes configurations et de mieux comprendre les modes de fonctionnement du gouvernail et du grément antiques. Néanmoins, sur ce dernier point notamment, il reste encore beaucoup à expérimenter et à apprendre en raison du système de manœuvre de la voile carrée antique qui permet d'en faire varier la géométrie dans de très nombreuses configurations selon l'allure du navire par rapport à la force et à l'orientation du vent.

Mais on n'oubliera pas qu'au-delà des aspects techniques, aussi importants soient-ils, le projet Prôtis de construction de la réplique navigante *Gyptis* d'un bateau grec archaïque remontant au siècle de la fondation la cité phocéenne possède aussi une importante dimension patrimoniale qui a permis à Marseille de renouer avec son patrimoine maritime le plus ancien.

28. Hartmut Brandt et Karsten Holzkirch, « Sailing properties of the Hanse cog in comparison with other cargo sail ships », *Ship Technology Research*, vol. 42, n° 1, 1995, p. 3-20.

Appendice

Lexique des termes de marine

- Allure*, n. f. : direction que suit un navire par rapport à celle du vent.
- Amure*, n. f. : cordage retenant l'angle inférieur de la voile du côté d'où vient le vent.
- Bordage*, n. m. : planche constitutive du bordé.
- Bordé*, n. m. : ensemble des planches formant le revêtement extérieur d'une coque.
- Bras*, n. m. : cordage servant à orienter une vergue.
- Cabillot*, n. m. : cheville traversant un râtelier et à laquelle on amarre les manœuvres courantes.
- Cap-de-mouton*, n. m. : bloc de bois circulaire percés de deux ou trois trous dans lesquelles passent les filins raidissant les manœuvres dormantes.
- Carène*, n. f. : partie immergée de la coque.
- Cargue*, n. f. : cordage servant à retrousser une voile sur elle-même.
- Construction sur bordé* : système de construction dans lequel les planches du bordé sont mises en place avant la pose de la membrure.
- Construction sur squelette* : système de construction dans lequel les *membrures constituant le squelette du navire sont mises en place avant la pose des planches du bordé.
- Coque*, n. f. : ensemble de la charpente d'un navire et de son revêtement extérieur.
- Couple*, n. m. : pièce de charpente transversale constituée de deux branches symétriques élevées dans un plan perpendiculaire à l'axe longitudinal de la quille.
- Écoute*, n. f. : cordage servant à orienter une voile et à amarrer son angle inférieur sous le vent.
- Étambot*, n. m. : pièce de charpente fixée sur l'extrémité arrière et dans le prolongement de la quille.
- Étrave*, n. f. : pièce de charpente fixée sur l'extrémité avant et dans le prolongement de la quille.
- Grément*, n. m. : ensemble de ce qui est nécessaire à la propulsion des navires à voile.
- Maître-couple*, n. m. : membrure la plus large.
- Massif d'emplanture*, n. m. : forte pièce de bois intégrée à la charpente interne du navire et dotée d'une cavité pour recevoir le pied du mât.
- Membrure*, n. f. : 1. pièce composite de la charpente transversale d'un navire (cf. couple) ; 2. l'ensemble des *membrures de la charpente transversale.
- Moque*, n. f. : bloc de bois circulaire percés d'un seul trou servant à raidir les manœuvres dormantes.
- Pavois*, n. m. : bordage de la coque situé au-dessus du pont.
- Polaire*, n. f. : ensemble des courbes représentant la vitesse et le cap du bateau par rapport au vent et à sa vitesse.

Poupe, n. f. : partie arrière d'un bateau.

Près, n. m. : près du vent. Se dit de la direction la plus rapprochée du lit du vent.

Proue, n. f. : partie avant d'un bateau.

Quille, n. f. : pièce maîtresse de la charpente axiale d'un navire.

Tenon et mortaise : assemblage à « tenon-et-mortaise ». Se dit d'un assemblage comportant des tenons chevillés dans des mortaises. Un tel assemblage utilisé pour la liaison des bordages* est caractéristique de la construction navale antique méditerranéenne.

Tillac, n. m. : petit pont de couverture situé sur l'avant et sur l'arrière d'une embarcation.

Trière, *trirème*, n. f. : mot d'origine grecque (trière) ou d'origine latine (trirème) désignant un navire de combat antique à trois rangs superposés de rames.

Varangue, n. f. : élément inférieur d'une membrure disposé perpendiculairement à la quille.

Vergue, n. f. : longue pièce de bois supportant une voile.

Voile carrée, n. f. : voile quadrangulaire disposée perpendiculairement à l'axe du navire.