

Résumé

La construction d'*Altaripa*, copie «moderne», ou réplique, d'un chaland gallo-romain long de 20m datant du 2^e siècle, est basée sur l'analyse d'une découverte réalisée en 1970 dans la baie de Bevaix, lac de Neuchâtel.

En archéologie expérimentale, l'un des principes de base consiste à travailler avec des données de qualité, à savoir un vestige en bon état ayant fait l'objet d'une étude détaillée, afin de préciser et de mieux comprendre les différentes étapes qui mènent de la matière première au produit fini. Par la suite, nous apprendrons à utiliser ce dernier, expérience que nous rapporterons dans des publications ultérieures. Si la plupart des données étaient assurées pour la phase initiale de ce projet, les aspects concernant la seconde (à savoir les essais de navigation) resteront dans une large mesure conjecturaux, le sommet du bordé ayant totalement disparu et aucun élément de la voilure ne nous étant parvenu.

Bien que le contexte socio-culturel ait fondamentalement changé entre l'époque gallo-romaine et la nôtre, les durées des différentes opérations ont été relevées : globalement, il aura fallu l'équivalent de huit mois de travail à une équipe de six personnes pour récolter la matière première (1 mois), la transformer (4 mois) et assembler le chaland (3 mois). On pourrait également inclure dans ce total l'installation du chantier naval (3 mois), qui comprenait un puits de sciage, une petite forge, une baraque de chantier, des tréteaux, deux treuils, des poulies et des moufles.

En tout, 110t de bois, presque exclusivement du chêne, ont été amenées sur le site, dont 64,8t étaient destinées à la construction proprement dite du chaland (38,4t pour le bordé et 26,4t pour la membrure). Celui-ci ne pesait, en fait, plus que 7t lors de sa mise à l'eau.

L'analyse dendrologique des chênes entrant dans le modèle gallo-romain montre que ces derniers proviennent de forêts comparables à celles qui poussent sur les replats marquant le flanc nord-ouest du lac de Neuchâtel. C'est donc là que furent abattus les arbres nécessaires à la réplique. Ceux qui ont servi à confectionner les bordages proviennent essentiellement de la région de Peseux et comptent quelque 270-320 cernes. En revanche, ce sont les forêts de Concise et Mutrux qui ont finalement livré les quatre cinquièmes des spécimens destinés à la membrure, âgés d'environ 120-170 ans ; là, sur une surface de 1,6km², l'intégralité des chênes susceptibles de fournir des courbes a pu être exploitée. On relèvera que l'abattage de ces arbres s'est avéré particulièrement délicat en raison du pendage fréquent du côté des branches maîtresses, pièces qu'il a fallu préalablement rabattre afin d'éviter que leur base ne se brise lors de l'impact au sol. Manifestement, les charpentiers gallo-romains ont dû connaître certaines difficultés à se procurer les éléments destinés au façonnage des courbes – pour autant, bien sûr, qu'ils aient cherché à exploiter les forêts locales, en l'absence d'un système commercial spécialisé dans l'importation d'un tel matériau ; à moins que d'autres ressources, aujourd'hui disparues, n'aient été exploitées, comme des arbres isolés poussant, par exemple, dans les haies.

Ce type d'approvisionnement peut, toutefois, être rejeté. En effet, la comparaison des pièces modernes (analysées en fonction des traces trisannuelles laissées dans les cernes des chênes de lisière par les vols cycliques du hanneton commun) et des courbes dendrochronologiques obtenues sur le chaland gallo-romain atteste que ce sont également des chênes de futaie qui ont été exploités au 2^e siècle. Quant à la mise en branches, l'étude des spécimens prélevés montre qu'elle s'est faite d'une manière différente d'un arbre à l'autre. Dans les populations que nous avons exploitées au pied du Jura, il faut tout de même compter un siècle avant qu'une branche poussant perpendiculairement au tronc n'atteigne des dimensions suffisantes pour pouvoir être convertie en courbe. Il n'est donc pas possible de confirmer ou d'infirmer une action sélective de l'homme propre à favoriser la formation naturelle de ce type de pièces.

La construction proprement dite du chaland a débuté par le traçage du bord extérieur du fond sur les madriers du chantier, mais également par celui de l'axe longitudinal. Le chantier était constitué d'une suite de billes posées à intervalle régulier et parallèles les unes aux autres. Leur face supérieure a été aplanie de manière à former une surface horizontale. Ces lignes ont servi à façonner les quatre bordages de transition, obtenus chacun par réduction, par sculpture dans une grande bille de chêne. Avec leur coupe transversale en forme de L, ils assurent le passage du fond aux flancs. Une fois dégrossies, ces pièces, dont le poids est passé de 9980kg à 2140kg, ont été chevillées aux madriers du chantier (l'un des bouchains avait toutefois été préalablement fixé au moyen de cales), et ont pris pour ainsi dire le relais des marques tracées précédemment.

On peut relever que le concept de construction est basé sur la forme de la sole (construction sur sole/*bottom based construction*) et que l'assemblage de la coque se trouve réalisé sur des gabarits extérieurs formés par les madriers du chantier et les traces qu'ils portent. Ces bordages de transition illustrent également l'origine de telles embarcations : une pirogue monoxyle fendue longitudinalement, où l'on aurait inséré des planches entre les deux valves ainsi créées.

Le façonnage à la hache consiste tout d'abord à aménager une série d'entailles en V délimitant des masses de bois qui seront retirées à coups de hache ou à l'aide de coins. La surface est ensuite aplanie et ajustée au moyen de haches à tranchant effilé qui viennent enlever des éclisses, sortes d'écaillles de bois longues et fines.

Le sciage de long des grumes destinées aux bordages s'est révélé problématique si l'on utilisait une scie à cadre, vu la section des pièces à débiter, en particulier puisqu'un sciage sur dosse n'avait pas été pratiqué. Le recours à un cran s'est finalement avéré indispensable (il s'agit d'une scie constituée par une lame autoportante, c'est-à-dire large et épaisse, munie d'une poignée à chaque extrémité). Les charpentiers helvètes ont, en effet, systématiquement choisi de tirer parti de la largeur maximale des planches destinées aux bordages, en les complétant le cas échéant au moyen de pièces très étroites et parfois assez longues (bordages associés), plutôt que de tailler, comme nous l'avons fait,

les bordages principaux. En recourant ainsi à un sciage sur plot (en lieu et place d'un sciage sur dosse qui aurait fourni des planches de qualité, sans aubier et de largeur équivalente), les artisans ont eu à traverser en moyenne une épaisseur supplémentaire de l'ordre du tiers (38 % dans le cas des planches médianes), ce qui engendre, avec les forces de frottement inhérentes à la scie, un effort encore plus important.

Le cintrage des planches destinées au bordé, larges de plus de 60 cm et épaisses de 10-12 cm, a été réalisé sur un feu entretenu entre deux madriers, qui permettait de porter la température à 60-70 °C au milieu de la pièce. Cette action, somme toute assez localisée par rapport à un chauffage à l'intérieur d'une étuve, donne un rayon réduit à la courbure, comme sur les pièces du modèle gallo-romain; par ailleurs, cela évite de devoir soulever et déplacer ces bois, dont le poids initial approche la tonne.

La première étape de la préparation des courbes a également été menée à bien à l'aide d'un cran, en délimitant l'épaisseur de la partie horizontale (celle prise dans le tronc) au moyen de deux traits de scie. Les pièces, qui pesaient à l'origine 500 à 1500 kg chacune, ont vu ainsi leur poids réduit des trois-quarts, ce qui rend évidemment leur manipulation ultérieure beaucoup plus aisée. La deuxième étape consiste à abattre les flancs de l'élément horizontal à la hache, et à façonner la branche formant la partie verticale. Pour les courbes, on peut ainsi relever qu'il a fallu abattre 80 m³ de bois sur pied, dont on a prélevé 24 m³ de matière brute (26,4 t); après dégrossissage par sciage de l'élément horizontal de la courbe, le poids a chuté à 6,5 t, puis à 2 t au terme du façonnage final. Durant cette opération, il a fallu reprendre plusieurs fois la taille du coude des courbes afin d'arriver à la forme du modèle gallo-romain; il a donc été nécessaire de couper un grand nombre de fibres et de réduire substantiellement la solidité de ces pièces. Dans un tel contexte, les éléments observés sur les chalands découverts à Zwammerdam (NL), par exemple, se révèlent particulièrement intéressants, bien qu'ils donnent de prime abord l'impression d'être grêles: les branches, plus petites, sont utilisées sans avoir été façonnées au niveau du coude, et ne partent pas nécessairement selon un angle droit parfait. Cet état de fait a été compensé en prolongeant l'élément horizontal jusqu'à la courbure interne du bouchain. Ainsi, non seulement un nombre plus élevé de pièces issues d'arbres moins âgés peuvent être employées, mais le travail des charpentiers se trouve en outre réduit dans les zones les plus problématiques, où la disposition des fibres s'avère très irrégulière.

L'assemblage du fond du chaland semblait de prime abord ne pas devoir poser trop de problèmes. En effet, le modèle gallo-romain avait été analysé de manière détaillée et le processus de construction avait pu être clairement décomposé en 17 séquences. Dans le cas d'*Altaripa*, les deux planches maîtresses du fond (A et D), posées en diagonale et constituant l'une la proue, l'autre la poupe, présentaient déjà un cintrage obtenu en sciant la bille selon son pied arqué; toutefois, la présence d'une légère courbure, perpendiculaire à la première, nous a obligé à inverser toute la structure du fond, ce qui a également entraîné une modification du sens de

l'assemblage (qui va de bâbord à tribord), de même que l'emplacement du chanfrein taillé dans l'un des cans et destiné à recevoir le matériau de calfatage.

Les coutures, c'est-à-dire l'espace situé entre deux bordages, ont été dégrossies à la hache puis ajustées au moyen de scies égoïnes; en général, quatre ou cinq passages de ces dernières ont été nécessaires. Le chanfrein a ensuite été taillé sur le can bâbord, avant de cheviller la planche. Là encore, il aurait fallu prendre certaines précautions supplémentaires, comme l'insertion de planchettes entre le bordé et les madriers afin de pouvoir glisser une lame et sectionner les chevilles. Une fois le fond assemblé, il a été égalisé à l'aide d'herminettes, ce qui a produit plus de 2 t de copeaux et emporté, dans une large mesure, les traces issues du sciage de long.

L'étape suivante a consisté à poser quatre pièces sur les extrémités des bordages de transition (les cuillères) qui, au-delà, sont venues se plaquer contre les planches du fond. Elles avaient été façonnées dans une bille sciée ou fendue longitudinalement.

La membrure a été fixée au bordé au moyen de quelque 800 clous de liaison confectionnés en trois temps: mise en forme de la tige (30 pièces/jour), martelage de la tête (60-90 pièces/jour) et affinage de la pointe (140 pièces/jour), ce qui correspond à une production journalière de l'ordre de 20 exemplaires.

Lors de l'assemblage du fond, avant le chevillage, nous n'avions pas ajusté la face inférieure avec suffisamment de soin. Cette situation nous a contraint à tourner le bateau fond sur fond en recourant à des moyens techniques modernes, de manière à égaliser le côté extérieur avant de procéder au calfatage. Cette dernière opération n'a pas posé de problème grâce aux renseignements recueillis auprès d'un ancien charpentier de la Saône. Une fois la ficelle de calfatage chassée dans les coutures, trois couches de mousse (ni deux, ni quatre) ont été insérées, puis recouvertes par une latte de saule maintenue par des clous de calfatage. Pour les 163 m de couture, 41-42 kg de mousse ont été utilisés (*Neckera crisp*), ainsi que quelque 4 100 clous; 315 clous supplémentaires ont été nécessaires pour calfater ou réparer les défauts du bois. Constitués par une tête large et plate, ces clous de calfatage ont été forgés à un rythme de 150 pièces par jour.

Des problèmes d'étanchéité sont apparus ultérieurement au niveau des flancs, en raison de la rétraction des planches due au séchage; ils ont nécessité un nouveau calfatage des coutures situées au-dessus de la ligne de flottaison à lège. Sur les exemplaires du cours inférieur du Rhin, ce problème avait été évité en assemblant les flancs à clin et en maintenant les bordages entre eux au moyen de clous aux pointes rabattues.

Fondamentalement, tout le travail pourrait être basé sur des grumes entières ou fendues en deux selon leur axe longitudinal. Dans le premier cas, nous avons les quatre bordages de transition; dans le second, les quatre cuillères qui les prolongent, formant aussi le sommet des extrémités. On pourrait même rapporter les planches A et D à cet ensemble (mais également, pour le modèle gallo-romain, les bordages B, E, voire F). Le sciage de long a certes été employé de manière intensive, tant pour

obtenir des bordages que pour dégrossir les courbes, mais le concept de base demeure identique à celui que l'on observe sur les bateaux de l'âge du Bronze découverts en Angleterre, à savoir une grume ou une demi-grume dans laquelle on taille, par réduction, une planche aussi grande que possible. On utilise la largeur maximale de la pièce, et parfois même sa longueur en conservant encore l'une des branches maîtresses (bordage B du modèle gallo-romain). En fait, le changement fondamental entre les barques en planches de l'âge du Bronze et les chalands gallo-romains réside dans la disparition des liaisons directes entre les bordages (sous la forme de ligatures ou de coutures), qui permettaient de fabriquer des coques dont la structure était à la fois très homogène et élastique, au profit d'un système plus massif et lourd, c'est-à-dire une membrure robuste (constituée ici de courbes disposées par paires), fixée au moyen de clous.

Cet abandon de l'assemblage direct des bordages entre eux a certainement été l'une des principales spécificités de la tradition navale celtique. Quant à l'utilisation quasi généralisée du clouage dans le monde celtique, elle ne peut résulter que de l'existence d'un produit de remplacement original et performant, ayant déjà été largement éprouvé dans d'autres domaines. Cela aurait pu être le chevillage de la membrure. Mais tel ne fut pas le cas, et il faudra attendre le Moyen Âge pour voir cette méthode prendre le pas sur le clouage.

Zusammenfassung

Die *Altaripa*, eine moderne Rekonstruktion bzw. Kopie eines gallo-römischen Lastkahns von 20m Länge aus dem 2. Jh., wurde ausgehend von einem Fund aus dem Jahr 1970 in der Bucht von Bevaix (Neuenburger See) angefertigt.

Eines der Grundprinzipien der experimentellen Archäologie besteht darin, Daten mit einem besonderen Aussagegehalt auszuwerten; so wird zum Beispiel ein Fundobjekt, das einen guten Erhaltungszustand aufweist, Gegenstand von näheren Analysen, damit die verschiedenen Etappen, die vom Rohmaterial bis zum fertigen Produkt führen, besser verständlich werden. In späteren Publikationen werden wir dann ausführlich auf die Navigationsversuche zurückkommen. Wenn die Mehrzahl der Fakten über die Anfangsphase dieses Projektes gesichert ist, gilt dies nicht für den weiteren Verlauf der Geschichte des Schiffes. So müssen vor allem Aussagen über die Navigation grösstenteils Mutmassungen bleiben, da vom oberen Teil der Beplankung nichts erhalten war und auch kein Element der Besegelung übrig blieb.

Obschon der sozio-kulturelle Hintergrund der gallo-römischen Zeit nicht mit dem unserer Zeit verglichen werden kann, hat man die Gesamtdauer der verschiedenen Herstellungsphasen folgendermassen berechnet: Man darf davon ausgehen, dass ein Team von sechs Personen insgesamt acht Monate lang beschäftigt gewesen sein dürfte, um das Rohmaterial zu beschaffen

(ein Monat), dieses zu bearbeiten (vier Monate) und den Kahn dann segelfertig zusammenzufügen (drei Monate). Dazu könnte man auch noch die Einrichtung des Arbeitsplatzes rechnen (drei Monate), wozu eine Sägegrube, eine kleine Schmiede, eine Baracke, Gestelle, zwei Hebewinden, Rollen und Ankerblöcke gehören.

Insgesamt wurden 110t Holz, fast ausschliesslich Eichenholz, herantransportiert; 64,8t dienten der eigentlichen Konstruktion des Kahnes (38,4 Tonnen für die Beplankung und 26,4 Tonnen für die Rippen). Der Kahn selbst wog bei seiner Inbetriebnahme nicht mehr als 7t.

Die dendrologische Analyse des Eichenholzes, das für das gallo-römische Original verwendet wurde, zeigt, dass das Holz aus Wäldern stammt, die mit denen vergleichbar sind, die man auf den Ausläufern der Nord-West-Küste des Neuenburger Sees vorfindet. In diesem Gebiet hat man also Bäume gefällt, um das nötige Material für unsere Rekonstruktion zu beschaffen. Das Holz, das man für die Planken benötigte, stammt hauptsächlich aus der Region von Peseux, und es weist ungefähr 270-320 Jahresringe auf. Die 80% des Materials, die hingegen für die Rippen verwendet wurden, sind in den Wäldern von Concise und Muttrux abgeholzt worden. Es handelt sich um 120-170 Jahre alte Eichen. Dort konnten auf einer Fläche von 1,6km² sämtliche Eichen in Erwägung gezogen werden, die krumm gewachsene Bauholzstücke liefern konnten. Es ist zu bemerken, dass sich das Fällen dieser Bäume als besonders schwierig erwies, da diese häufig schräg verlaufen. Die Hauptäste musste man vorher einzeln entfernen, da sonst beim Fällen die Gefahr bestanden hätte, dass sie beim Aufprall auf den Boden zersplittert wären. Will man davon ausgehen, dass die gallo-römischen Zimmerer in den lokalen Wäldern nach Material suchten, ist es klar, dass sie gewisse Schwierigkeiten damit haben mussten, an jenes Rohmaterial zu gelangen, das für die gekrümmten Teile des Schiffes benötigt wurde. Vielleicht gab es einen spezialisierten Handel für den Import solcher Stücke; möglicherweise bedienten sie sich anderer Ressourcen, die es heute nicht mehr gibt, wie beispielsweise isolierte Bäume in Hecken.

Diese Art der Materialbeschaffung kann jedoch ausgeschlossen werden, denn der Vergleich von modernen Stücken (diese wurden aufgrund der Spuren des sich alle drei Jahre wiederholenden Maikäferfluges in den Jahresringen der Raineichen analysiert) und Kurven, die vom gallo-römischen Kahn stammen, zeigt, dass auch im 2. Jh. hochstämmige Eichen als Rohmaterial verwendet wurden. Die Untersuchung der ausgewählten Exemplare zeigt, dass der Wuchs der Äste von Baum zu Baum unterschiedlich war. In den Wäldern am Fuss des Juras, die wir untersucht haben, konnten wir feststellen, dass es ungefähr 100 Jahre dauert, bis ein Ast, der im rechten Winkel zum Stamm wächst, die Dimensionen erreicht, um als Kurvenstück verwendet werden zu können. Deshalb können wir weder bestätigen noch ausschliessen, dass es ein Vorgehen gab, mit dem der Mensch die natürliche Bildung dieser Art von Stücken speziell fördern konnte.

Die eigentliche Konstruktion des Kahns nahm ihren Anfang, indem der äussere Rand des Bodens wie auch

die Längsachse auf den Bodenblöcken des Werkplatzes markiert wurden. Dieser bestand aus einer Reihe von Baumstämmen, die in regelmässigen Abständen und parallel zueinander aufgestellt wurden. Ihre Oberflächen wurden so abgeflacht, dass eine horizontale Fläche entstand. Aus diesen Elementen stellte man die vier Übergangsplanken her, die man erhielt, indem man Material aus den grossen Holzblöcken aushöhlte. Mit ihrem L-förmigen Querschnitt bildeten sie den Übergang vom Boden zu den Seiten. Nach dieser ersten Bearbeitung – das Gewicht sank inzwischen von 9980 kg auf 2140 kg – wurden diese Stücke mit den Bodenblöcken verzapft (eine der Kimmplanken wurde jedoch bereits vorher mit Hilfe von Keilen fixiert), und sind nun gewissermassen an Stelle der vorher angebrachten Markierungen getreten.

Man kann festhalten, dass das Konstruktionsprinzip sich an der Form des Bodens orientiert (*bottom based construction*) und dass das Zusammensetzen des Rumpfes auf Vorgaben beruht, die von den Bodenblöcken und den Markierungen, die sie tragen, abhängen. Diese Übergangsplanken weisen auch auf die Herkunft von solchen Wasserfahrzeugen: ein Einbaum, den man längs halbiert und durch dazwischen gefügte Bodenplanken deckt.

Die Bearbeitung mit Hilfe des Beils besteht vorerst darin, eine Serie von V-förmigen Einschnitten auszuführen, wodurch die Holzmassen bezeichnet werden, die man durch Beilschläge oder mit Hilfe von Keilen entfernt. Daraufhin wird die Oberfläche eingeebnet und mit scharfkantigen Beilen geglättet, wobei lange und dünne Holzspäne entfernt wurden.

Das Zuschneiden in Längsrichtung des Stammholzes, das man für die Planken verwenden wollte, hat sich als problematisch erwiesen, wenn man eine Säge mit Rahmen verwendete. Hier sei an die Schnittlinie im Material erinnert; im weiteren hat man es unterlassen, Schwartlinge zu zersägen. Die Verwendung einer Bundsäge hat sich letztlich als unausweichlich erwiesen (hierbei handelt es sich um eine Säge, die aus einer selbsttragenden Klinge besteht. Diese ist breit und dick und an beiden Enden mit einem Griff versehen). Die helvetischen Zimmerer haben systematisch versucht, die maximale Breite jener Bretter zu nutzen, die man als Planken einsetzen wollte, indem man sie, wenn es nötig war, mittels sehr schmaler und manchmal ziemlich langer Stücke ergänzte (anschliessende Planken), dies im Gegensatz zu unserer Vorgehensweise: wir haben die Hauptplanken zu stark geschmälert. Dadurch, dass die Handwerker Kreuzholzblöcke zersägten (anstelle einer Verarbeitung der Schwartlinge, was qualitätvolle Bretter ohne Splintholz und von gleichwertiger Dicke ergeben hätte), mussten sie im Durchschnitt einen Drittel mehr Material durchsägen (38% im Fall der mittleren Bretter), was zusammen mit dem Widerstand, der dem Sägeprozess eigen ist, einen noch grösseren Aufwand bedeutete.

Das Biegen der Bretter, die man für die Beplankung verwenden wollte – diese waren breiter als 60 cm und 10-12 cm dick –, erfolgte über einem zwischen zwei Bodenblöcken entfachten Feuer, das eine Hitze von 60-70°C in der Mitte des Stückes bewirkte. Diese Vorge-

hensweise, bei der die Hitze im Gegensatz zu einem Schwitzkasten ziemlich begrenzt einwirkt, ermöglicht im Hinblick auf die Krümmung des Brettes lediglich einen reduzierten Radius, wie es bei den Stücken des gallo-römischen Originals zu sehen ist. So konnte man es vermeiden, die Hölzer, deren Anfangsgewicht beinahe eine Tonne beträgt, zu heben und zu verschieben.

Die erste Etappe der Vorbereitung für die Kniestücke erfolgte ebenfalls mit Hilfe einer Bundsäge, indem die Breite des horizontalen Teiles (die vom Stamm abhängt) mit Hilfe von zwei Sägemarkierungen festgelegt wurde. Die Stücke, die anfänglich 500 bis 1500 kg schwer waren, waren nun um drei Viertel ihres Gewichtes leichter, so dass ihre Bearbeitung von nun an viel einfacher war. Der zweite Arbeitsgang besteht darin, mit dem Beil die Seiten des horizontalen Elementes und den Ast, der den vertikalen Teil bildet, zu bearbeiten. Was die Kniestücke betrifft, lässt sich feststellen, dass man 80m³ Holz fällen musste, wovon man 24m³ Rohmaterial abarbeitete (26,4t); nach der Grobbearbeitung des Horizontalelementes des Kniestückes fällt das Gewicht auf 6,5t, später nach der Endbearbeitung auf 2t. Während dieses Arbeitsganges musste man mehrmals die Krümmung des Kniestückes neu behauen, um die Form des gallo-römischen Vorbildes wirklich zu treffen. Danach war es notwendig, eine Vielzahl von Fasern zu entfernen und die Dicke dieser Stücke beträchtlich zu reduzieren. In diesem Zusammenhang sind die Beobachtungen, die man beispielsweise ausgehend von den Kähnen von Zwammerdam (NL) machen konnte, besonders interessant, obschon sie auf den ersten Blick den Anschein erwecken, ziemlich dünn zu sein: die Äste, die kleiner sind, verwendete man, ohne sie vorher auf der Höhe der Biegungen zu bearbeiten, und sie bildeten zum Hauptast auch keinen perfekten rechten Winkel. Dieser Sachverhalt wurde jedoch dadurch kompensiert, dass das Horizontalelement bis zur inneren Krümmung der Kimmplanke verlängert wurde. Somit konnte also nicht nur eine grössere Anzahl von Holzstücken, die von jüngeren Bäumen stammt, verwendet werden, sondern auch der Arbeitsaufwand der Zimmerer ist in den Problemzonen, wo die Anlage der Fasern sehr unregelmässig ist, geringer.

Die Zusammenfügung des Bodens des Kahns schien auf den ersten Blick wenig problematisch. Das gallo-römische Original hatte man detailliert analysiert, und das Konstruktionsvorgehen konnte dabei in 17 verschiedene Phasen unterteilt werden. Im Fall der *Altaripa* wiesen die beiden Hauptplanken des Bodens (A und D), die man diagonal aneinanderlegte und von denen die eine den Bug, die andere das Heck bildet, bereits eine Krümmung auf, die sich ergab, da man den Stamm entlang seiner gekrümmten Basis zersägte; die Präsenz einer weiteren leichten Krümmung, die in rechtem Winkel zur ersten stand, hat uns jedoch gezwungen, die gesamte Bodenstruktur umzudrehen, was auch eine Änderung der Richtung der Zusammenfügung nach sich zog (die von Backbord nach Steuerbord geht), wie auch den Standort der Schrägkante, die in eine der Kantenflächen der Bretter eingetieft ist und dazu dient, das Dichtungsmaterial aufzunehmen.

Die Nahtstellen, jener Raum also zwischen zwei Planken, wurden grob mit dem Beil bearbeitet und dann mit Fuchsschwanzsägen weiter verfeinert; im allgemeinen waren vier bis fünf Arbeitsgänge mit den Fuchsschwänzen notwendig. Die Schrägkante wurde daraufhin auf Backbordseite angebracht, bevor man das Brett verzapfte. Hier hätte man noch weitere Vorsichtsmassnahmen treffen müssen wie beispielsweise die Einfügung von kleinen Leisten zwischen der Beplankung und den Bodenblöcken vom Werkplatz, um eine Klinge einführen und die Bolzen durchtrennen zu können. Sobald der Boden vollständig zusammengefügt war, hat man ihn mit Hilfe von kleinen Dachsbeilen geglättet, wodurch mehr als zwei Tonnen Späne anfielen und die Längssägespuren grösstenteils verschwanden.

Beim folgenden Arbeitsgang wurden vier Holzstücke (Löffel), die gegen die Bodenplanken gepresst wurden, an den Enden der Kimmplanken angefügt. Diese erhielt man aus einem in Längsrichtung gesägten oder gespaltenen Stamm.

Die Rippen wurden mit ungefähr 800 Verbindungsnägeln an der Beplankung befestigt, die in drei verschiedenen Momenten hergestellt wurden: bei der Zusammensetzung des Schaftes (30 Stück pro Tag), beim Hämmern der oberen Teile (60-90 Stück pro Tag) und bei der Versäuberung der Spitze (140 Stück pro Tag), was einer täglichen Produktion in der Grössenordnung von 20 Exemplaren entspricht.

Bei der Zusammensetzung des Bodens vor der Verzapfung hatten wir die Unterseite des Bootes nicht mit genügend Sorgfalt überarbeitet. Deshalb waren wir gezwungen das Boot umzudrehen, wobei wir auf moderne technische Methoden zurückgriffen, so dass wir die Aussenseite vor der Abdichtung versäubern konnten. Dank den Ratschlägen, die uns ein alter Zimmermann der Saônegegend gab, konnten wir diesen Vorgang ohne Probleme abwickeln. Nachdem die Abdichtungsschnur in den Nahtstellen plaziert war, hat man drei Schichten Moos (weder zwei, noch vier) angelegt, über die man darauf eine Weidenlatte legte; diese wurde mit Dichtungsnägeln befestigt. Für die insgesamt 163m langen Nahtstellen benötigte man 41-42kg Moos (*Neckera crispa*), sowie ungefähr 4100 Nägel; 315 weitere Nägel waren notwendig, um weiter abzudichten oder Fehler im Holz zu reparieren. Diese Dichtungsnägel, die einen breiten und flachen Kopf aufweisen, wurden im Rhythmus von 150 Stück pro Tag hergestellt.

Auf der Höhe der Seiten tauchten darüber hinaus Probleme mit der Wasserundurchlässigkeit auf, die auf die Schrumpfung der Bretter im Zuge des Trocknungsprozesses zurückzuführen sind. Deshalb mussten dort die Nahtstellen über der Leerwasserlinie neu abgedichtet werden. Bei den Schiffen vom Unterlauf des Rheins löste man dieses Problem, indem man die Seitenplanken so zusammenfügte, dass sie sich überlappten und die Planken mit Nägeln mit umgeschlagener Spitze aneinander befestigt wurden.

Grundsätzlich könnte man die gesamte Arbeit auf ganze Stämme oder solche, die in Längsrichtung in zwei Teile gespalten sind, zurückführen. Im ersten Fall haben wir die vier Übergangsplanken; im zweiten Fall die vier

Löffel, die diese verlängern und auch den Scheitel der Ränder bilden. Man könnte sogar die Bretter A und D mit diesen Grundelementen in Verbindung bringen (im Fall des gallo-römischen Vorbildes die Planken B, E und sogar F). Das Sägen in Längsrichtung wurde bestimmt häufig angewandt, sowohl um Planken zuzuschneiden wie auch um die Krümmungen grob vorzugeben. Aber das Grundvorgehen bleibt dasselbe wie jenes, das man bei bronzezeitlichen Schiffen aus England beobachten konnte: Aus einem halben Stamm haut man ein möglichst grosses Brett durch Abtragen heraus. Man benutzt die maximale Breite des Stückes und manchmal sogar seine Länge, indem man noch einen der Hauptäste (Planke B beim gallo-römischen Vorbild) beibehält. Der grundsätzliche Unterschied zwischen den bronzezeitlichen Holzbooten und den gallo-römischen Kähnen liegt im Verschwinden der direkten Verbindungen zwischen den einzelnen Planken (sei es in Form von Anbinden oder Nähten), die es erlaubten, Rumpfe zu konstruieren, deren Struktur sowohl homogen wie auch elastisch war, an deren Stelle eine massivere und schwerere Konstruktionsweise trat, bei der das Gerippe robuster ist (hier besteht es aus paarweise angeordneten Kniestücken). Dieses wurde mit Hilfe von Nägeln zusammengefügt.

Diese Abkehr von der direkten Zusammenfügung der Planken untereinander war bestimmt eines der Hauptcharakteristika der keltischen Schiffsbautradition. Was die beinahe allgegenwärtige Verwendung von Nagelungen in der keltischen Welt betrifft, muss darauf hingewiesen werden, dass sie als innovatives und effizientes Mittel andere Methoden ablöst, wie es auch in anderen Bereichen dargelegt werden konnte. Ebenso hätte die Verzapfung des Gerippes als durchschlagende Methode andere ersetzen können, dies war jedoch nicht der Fall, und wir müssen bis zum Mittelalter warten, bis dann dieses Vorgehen die Vernagelung zurückdrängt.

Riassunto

La costruzione dell'*Altaripa*, copia «moderna» di una chiatta gallo-romana del II sec., lunga 20m, si basa sull'analisi di una scoperta effettuata nel 1970 nella baia di Bevaix nel lago di Neuchâtel.

Nell'archeologia sperimentale uno dei principi di base consiste nel procedere con dati di qualità ricavati dallo studio approfondito di un reperto in buono stato di conservazione per individuare e precisare le varie tappe che portano dalla materia prima al prodotto finito. In seguito impareremo a servirci di quest'ultimo, esperienza sulla quale ritorneremo in ulteriori pubblicazioni. Se la maggior parte dei dati era assicurata per la fase iniziale di questo progetto, gli aspetti più dettagliati della seconda, in particolare le prove di navigazione, rimarranno in gran parte ipotetici poiché la parte superiore del bordo è completamente scomparsa e non è conservato alcun elemento della velatura.

Malgrado il contesto socio-culturale di oggi sia completamente diverso da quello dell'epoca gallo-romana, è

stata rilevata la durata delle singole operazioni: complessivamente un gruppo di sei persone avrebbe impiegato l'equivalente di otto mesi di lavoro per procurarsi la materia prima (un mese), per trasformarla (quattro mesi) e per costruire la chiatta (tre mesi). Si potrebbe, inoltre, tener conto dell'allestimento del cantiere navale (tre mesi) che comprendeva un pozzo per la segagione, una piccola fucina, una baracca, dei trespoli, due verricelli, delle carrucole e dei bozzelli.

Sono stati portati sul luogo complessivamente 110t di legname, quasi esclusivamente di quercia, di cui 64,8t erano destinate alla costruzione vera e propria della chiatta (38,4t per il bordo e 26,4t per l'ossatura). L'imbarcazione al momento della posa in acqua non pesava più di 7t.

I dati dell'analisi dendrologica delle querce coincidono con il modello gallo-romano e dimostrano quindi che quest'ultime provengono da boschi paragonabili a quelli che crescono sulle colline lungo il lato nord-ovest del lago di Neuchâtel. Ivi sono stati dunque abbattuti gli alberi necessari per la costruzione della copia. Quelli che servirono per fabbricare le bordature provengono essenzialmente dalla regione di Peseux e contano 300-320 anelli. I boschi di Concise e Mutrux hanno invece fornito i quattro quinti dei legnami per l'ossatura; là su una superficie di 1,6km² la totalità delle querce in grado di fornire delle tavole ricurve poté essere utilizzata. Va messo in evidenza che l'abbattimento di questi alberi è stato particolarmente difficile a causa della posizione dei rami principali; fu infatti necessario tagliarli prima per evitare che si sarebbero spaccati al momento dell'impatto sul suolo. Evidentemente i carpentieri gallo-romani erano consapevoli che potevano sorgere delle difficoltà nel procurarsi gli elementi destinati alla fabbricazione delle tavole ricurve. Tuttavia hanno cercato di sfruttare i boschi locali, dato che non esisteva un sistema commerciale specializzato nell'importazione di tale materiale (a meno che non siano state sfruttate altre risorse, oggi scomparse, come alberi isolati che crescono per esempio nelle siepi).

Questo tipo di approvvigionamento può tuttavia essere escluso. Paragonando infatti i pezzi moderni (analizzati in funzione delle tracce trisennali lasciate dai voli ciclici del maggiolino comune nei cerchi delle querce cresciute ai confini di una foresta) e gli elementi ricurvi appartenenti dendrocronologicamente alla chiatta gallo-romana si può desumere che anche nel II sec. le querce di bosco d'alto fusto venivano sfruttate. Per quanto concerne i rami, lo studio degli esemplari prelevati mette in rilievo che la loro crescita varia da un albero all'altro. Nei boschi che abbiamo analizzato ai piedi del Giura si è potuto stabilire che un ramo disposto ad angolo retto rispetto al fusto raggiunge le dimensioni necessarie per essere usato quale elemento ricurvo soltanto dopo circa un secolo. Non è dunque possibile confermare né respingere che l'uomo abbia praticato una selezione per favorire la crescita naturale di questo tipo di pezzi.

La costruzione vera e propria della chiatta è iniziata tracciando sulla struttura di lavoro la sagoma esterna del fondo, indicando però anche l'asse longitudinale. Essa

consisteva in una serie di tronchi disposti a intervalli regolari e paralleli fra di loro. Il loro lato superiore era stato spianato in modo da formare una superficie orizzontale. Queste file servirono per formare le quattro bordature di transizione ottenute tagliando un grande tronco di quercia. Con il loro taglio trasversale a forma di L assicurano il passaggio dal fondo alle fiancate. Una volta abbozzati, questi elementi, il cui peso è passato da 9980 kg a 2140 kg, sono stati incavigliati nei madieri (uno dei tavoloni della curvatura della carena era stato precedentemente fissato con dei cunei) e hanno sostituito i segni tracciati anteriormente.

Si può constatare che il concetto di costruzione si basa sulla forma del fondo (costruzione su fondo/*bottom based construction*) e che l'assemblaggio della chiglia è stato realizzato in base a dati esterni, costituiti dai madieri e i segni che questi portano. Queste bordature di transizione illustrano anche l'origine di questo tipo di imbarcazioni: una piroga monossila spaccata in senso longitudinale in due parti fra le quali furono inserite delle tavole.

La lavorazione con l'ascia consiste innanzitutto nell'eseguire una serie di tagli a forma di V che delimitano masse di legno che saranno tolte a colpi di ascia o con l'aiuto di cunei. In seguito la superficie viene spianata e rifinita staccando con asce ben affilate delle schegge lunghe e sottili.

La segagione longitudinale di tronchi destinati alle bordature si è rivelata difficile utilizzando una sega a telaio a causa della sezione dei pezzi da tagliare, in particolare poiché non si praticava la segagione di sciaveri. Infine si dovette ricorrere a una sega a lama libera (si tratta di una sega costituita da una lama autoportante, vale a dire larga e spessa, munita di un'impugnatura alle due estremità). Effettivamente i carpentieri elvezi hanno sistematicamente sfruttato la larghezza massima delle tavole destinate alle bordature, completandole, in caso di bisogno, con pezzi molto stretti e talvolta piuttosto lunghi (bordature associate), invece di tagliare, come abbiamo fatto noi, le bordature principali. Secondo blocchi (invece di sciaveri, che avrebbero permesso di ricavare delle tavole di qualità, senza alburno e di uguale larghezza), gli artigiani hanno dovuto attraversare in media uno spessore supplementare di un terzo (38% nel caso delle tavole medie), fatto che insieme alle forze di resistenza inerenti alla sega implica uno sforzo ancora maggiore.

La centinatura delle tavole destinate al bordo larghe più di 60 cm e spesse di 10-12 cm è stata realizzata su un fuoco tra due madieri portando la temperatura a 60-70° nel mezzo del pezzo. Questo procedimento, tutto sommato alquanto circoscritto rispetto al riscaldamento all'interno di una stufa, conferisce un raggio ridotto alla curvatura, come nei pezzi del modello gallo-romano; d'altronde questo ha permesso di evitare di dover sollevare e spostare questi legni il cui peso iniziale arriva quasi a una tonnellata.

La prima tappa della preparazione degli elementi ricurvi è stata effettuata tramite una sega a lama libera, delimitando lo spessore della parte orizzontale (quella presa dal tronco) tramite due intagli eseguiti con la sega. Il peso dei pezzi, che in origine era tra i 500 e i 1500 kg

ciascuno, è stato così ridotto di tre quarti, facilitandone così la manipolazione. In una seconda tappa si abbattano i fianchi dell'elemento orizzontale a colpi di ascia e si lavora il ramo che forma la parte verticale. Si può dunque costatare che per gli elementi ricurvi è stato necessario abbattere 80m³ di legno dei quali sono stati prelevati 24m³ di materia prima (26,4t); dopo l'assottigliamento ottenuto segando l'elemento orizzontale del pezzo ricurvo il peso è caduto a 6,5t e poi a 2t dopo la rifinitura. Durante questa operazione si è rivelato necessario riprendere più volte il taglio della curvatura per arrivare alla forma del modello gallo-romano. È stato dunque necessario tagliare una grande quantità di materiale e ridurre sostanzialmente la solidità di questi pezzi. In un tale contesto gli elementi osservati presso le imbarcazioni scoperte per esempio a Zwammerdam (NL) si rivelano particolarmente interessanti, sebbene in un primo momento possano sembrare fragili: i rami, più piccoli, sono stati utilizzati senza essere lavorati al livello della curvatura e non sono necessariamente disposti ad angolo retto. Questo fatto è stato compensato prolungando l'elemento orizzontale fino alla curvatura interna dell'asse costituente la curvatura della carena. Così non solo si possono utilizzare un maggior numero di pezzi ricavati da alberi più giovani, ma si riduce anche il lavoro, particolarmente per i carpentieri nelle parti più difficili dove la disposizione delle fibre è irregolare.

L'assemblaggio del fondo della chiatta in un primo momento non sembrava porre particolari difficoltà. Il modello gallo-romano infatti era stato analizzato in modo dettagliato ed era stato possibile suddividere il processo di costruzione in 17 fasi. Nel caso dell'*Altaripa* i due tavoloni principali del fondo (A e D), disposti diagonalmente e costituendo l'uno la prua e l'altro la poppa, presentavano già una centinatura ottenuta segando il tronco lungo la base ricurva. Comunque la presenza di una leggera curvatura perpendicolare alla prima ci ha obbligati a invertire tutta la struttura del fondo, fatto che ha implicato anche una modificazione del senso dell'assemblaggio (che va da babordo a tribordo) come pure la posizione dell'ugnatura tagliata in uno degli spigoli e destinata ad accogliere il materiale di calafataggio.

Le costolature, vale a dire lo spazio tra due bordature, sono state assottigliate a colpi di ascia e poi rifinite con un saracco; in generale era necessario passare con quest'ultimo quattro o cinque volte. L'ugnatura è stata in seguito tagliata a babordo, prima di incavigliare l'asse. Anche in questo caso si dovevano prendere certe precauzioni supplementari, inserendo ad esempio dei listelli tra il bordo e i madieri per poter inserire una lama e sezionare i cavicchi. Dopo esser stato assemblato, il fondo fu spianato a colpi di ascetta, lavoro che ha prodotto più di 2t di trucioli ed eliminato in gran parte le tracce della segazione longitudinale.

Nella tappa seguente venivano collocate quattro tavole sulle estremità delle assi costituenti la curvatura della carena che si sono impiallacciate contro le assi del fondo. Esse erano state ricavate da un tronco segato o spaccato longitudinalmente.

L'ossatura è stata fissata al bordo tramite circa 800 chiodi. Questi venivano confezionati in tre tappe: lavo-

razione del fusto (30 pezzi al giorno), martellatura della testa (60-90 pezzi al giorno) e rifinitura della punta (140 pezzi al giorno), il che corrisponde ad una produzione giornaliera di 20 pezzi.

Durante l'assemblaggio del fondo, prima dell'incavigliatura, non avevamo rifinito il lato inferiore con cura sufficiente. Questa situazione ci ha costretti a capovolgere l'imbarcazione ricorrendo a mezzi tecnici moderni in modo da poter spianare il lato esterno prima di procedere al calafataggio. Questa ultima operazione non ha posto particolari problemi grazie alle informazioni raccolte presso un anziano carpentiere della Saône. Dopo aver inserito il cordolo di stagnatura nelle connesure vennero applicati tre strati di muschio (né due né quattro) ricoperti in seguito da un'asse di salice fissata con dei chiodi da calafataggio. Per i 163 m di connesure sono stati utilizzati 41-42 kg di muschio (*Neckera crispa*) e circa 4100 chiodi; furono necessari 315 chiodi supplementari per calafatare o riparare i punti difettosi del legno. I chiodi di calafataggio, caratterizzati da una testa larga e piatta, sono stati fabbricati al ritmo di 150 pezzi al giorno.

Dei problemi con l'impermeabilizzazione si sono manifestati inoltre all'altezza delle fiancate a causa del restringimento delle tavole. Si è rivelato necessario un ulteriore calafataggio delle connesure situate al di sopra della linea d'immersione della chiatta vuota. Presso gli esemplari del basso Reno questo problema era stato risolto assemblando le assi delle fiancate sovrapponendole parzialmente e fissando le bordature tra loro con chiodi dalle punte ripiegate.

Fondamentalmente tutto il lavoro potrebbe essere eseguito su tronchi non scortecciati interi o spaccati in due lungo il loro asse longitudinale. Nel primo caso abbiamo le quattro bordature di transizione; nel secondo le quattro tavole che le prolungano, formando anche le sommità delle estremità. Si potrebbero anche ricondurre le assi A e D a questo insieme (ma anche presso il modello gallo-romano le bordature B, E e addirittura F). La segazione longitudinale è stata impiegata di frequente, sia per ottenere le bordature che per abbozzare le curvature, ma il concetto di base rimane identico a quello che si osserva presso le imbarcazioni dell'età del bronzo scoperte in Inghilterra: da un mezzo tronco non scortecciato si ricava un'asse il più grande possibile. Si utilizza la larghezza massima del pezzo e talvolta anche la sua lunghezza conservando uno dei rami principali (bordatura B del modello gallo-romano). Infatti la differenza fondamentale tra le imbarcazioni dell'età del bronzo costituite da assi e le chiatte gallo-romane consiste nello scomparire delle connessioni dirette tra le bordature (sotto forma di legature e costure). Queste permettevano di fabbricare chiglie con una struttura molto omogenea ed al contempo elastica a vantaggio di un sistema più massiccio e pesante, vale a dire un'ossatura robusta (costituita in questo caso da curvature appaiate), fissata con chiodi.

L'abbandono dell'assemblaggio diretto delle bordature è certamente stato una delle peculiarità della tradizione navale celtica. L'utilizzazione quasi generalizzata dell'inchiodatura nel mondo celtico va ricondotta all'esistenza

di un prodotto di sostituzione originale e fortunato già largamente sperimentato in altri campi. Poteva trattarsi anche dell'incavigliatura dell'ossatura, ma non fu così e bisognerà attendere il Medioevo per veder questo metodo prendere il sopravvento sull'inchiodatura.

Summary

The building of *Altaripa*, a modern copy or replica of a 20m-long Gallo-Roman boat from the 2nd century AD, is based on the analysis of a wreck found in 1970 in the Bay of Bevaix, Lake Neuchâtel.

Working with quality data constitutes one of the basic elements of experimental archaeology, notably the detailed study of well-preserved evidence from which the sequence of construction from the raw material to the finished product can be established and better understood. Subsequently, the operational performance of our proposed reconstruction will be tested and dealt with in a future report. Though enough data was collected to cover the initial part of our project, most aspects of the second phase, such as the question of sailing performance, can only be guessed at since the top of sides are missing and no evidence for sails has been found.

The amount of time required for each operation was recorded, even though the social and cultural contexts have radically changed from the Gallo-Roman period to the present day: for a group of six people, eight months was in all needed; to collect raw material (1 month), to convert it (4 months) and to assemble the vessel (3 months). An extra three months should be added for the installation of the building yard including a sawing pit, a small forge, a shed, trestles, two winches, pulleys and pulley blocks.

In all, 110t of wood, almost exclusively of oak, was brought onto the construction site; 64,8t was selected for the building of the boat, 38,4t for the planking and 26,4t for the ribs. The finished craft weighed 7t only on launching.

Dendrological analyses of oaks from the Gallo-Roman model show that the trees grew in woodlands similar to those found at present on the flatter areas of the lower slopes of the Jura bordering the north-western margin of Lake Neuchâtel. The trees utilised for the building of the replica were felled within the same area. Those meant for planking were selected in the Peseux forest, and counted 270-320 growth rings. By contrast, four-fifths of the crooks later converted into ribs came from the forests of Concise and Mutrux; within an area of 1,6km², all suitable oak trees of between 120 to 170 years old were exploited. Felling proved difficult, as the main branches were generally orientated with the slope and it was imperative to shorten them beforehand to prevent their ripping on impact with the ground. Gallo-Roman carpenters no doubt encountered similar problems when finding elements to serve as ribs – particularly if their supply was dependent on local woodlands and not on a specialised trading system. Alternative resources now

vanished could have been exploited, such as isolated trees growing in hedges.

Wood from hedges or other isolated trees can nevertheless be rejected and comparison between modern examples (studied by taking into account the impact, observable within the tree-rings, of the three-yearly infestation cycle of «edge-growing» oaks by the flight of the cockchafer beetle) and the dendrochronological curves from the Gallo-Roman barge show that these 2nd century oaks were full-grown forest trees. As regards the way the branches were prepared, the study of the selected examples show that it differed from one tree to the other. Among the tree populations we have exploited from the lower slopes of the Jura, at least one century is needed before a perpendicular branch reaches the required thickness for the making of ribs. It is impossible to confirm or deny an active human participation in promoting the natural growth of such branches.

The actual building of the barge was started by tracing the outer lines of the bottom and of the longitudinal axis on a large cradle formed by a number of support beams placed at regular interval and parallel to each other. Their upper surfaces were levelled off to form a horizontal surface. The lines guided the fashioning of four transition-planks obtained by the reduction (carving out) of large oak logs. Their L-shape allowed passage from bottom to sides. Once rough-hewn and rid of a substantial amount of weight, from 9980 kg to 2140 kg, the two pieces forming the port chine were treenailed to the cradle once the two starboard transition-planks were fixed with blocks, substituting the initial trace lines.

It should be noted that the boat-building concept was based on the shape of the bottom (bottom-based construction) and that the fastening of the hull depended on external elements such as the cradle and the lines marked on the support beams. The transition-planks show the origins of such craft: a logboat split longitudinally into two valves between which planks are inserted.

When working with an axe (or wedges), a series of V-shaped notches were first cut to show the amount of wood to be removed. The surface was then smoothed and adjusted with a narrow thin-edged axe designed to extract long and thin slithers of wood.

Through and through sawing the logs with a frame-saw to obtain planks was unmanageable because of the size of the logs especially as they had not been roughed out. A cross-cut saw was finally chosen, made up of a self-supporting blade, large and thick, with handles on both ends. The Helvetian carpenters systematically tried to obtain the broadest possible planks for the planking, inserting when necessary narrow and sometimes long pieces of wood (joint-plank) rather than cutting into the main planks the way we did. By choosing planks sawn out of a log rather than from a squared timber, which would have produced quality planks free of sapwood and of equal width, the craftsmen had to work through an additional thickness, estimated to be a third more (38% in the case of middle planks), demanding a much greater effort.

The bending of planks for the planking, more than 60 cm wide and 10-12 cm thick, was done over a fire

kept alight between two support beams, which raised the temperature up to 60-70°C in the middle section of each plank. This heating action is much more localised than when planks are baked or steamed in a chamber, and lessens their curvature too, as it was found on the Gallo-Roman boat; moreover, this technique allowed us to avoid manoeuvring timbers weighing close to a ton.

The initial preparation of ribs was also carried out with the help of a cross-cut saw; the thickness of the horizontal part (taken from the trunk) was marked by two saw marks. These pieces, each weighing 500 to 1500 kg at the outset, lost three-quarters of their weight in the process, greatly helping their subsequent handling. The second stage consisted of trimming the sides of the horizontal part with an axe and in shaping the vertical part of the rib from the branch. The fashioning of the ribs required the felling of 80 m³ of standing wood of which 24 m³ was selected for subsequent working. The total weight of the ribs was reduced from 26,4 t to 6,5 t after the horizontal part of the ribs was roughed out by saw, and further still to just 2 t when they had been finished. During this final phase, the angle of the ribs was reshaped repeatedly in order to obtain the same form as those of the Gallo-Roman model; a large amount of wood fibre was thus removed, weakening the solidity of these pieces. In this context, it is particularly interesting to observe the corresponding elements from the boats discovered at Zwammerdam (NL), even though they at first appear quite slender: smaller branches were used whose angles were not shaped, so that they did not necessarily form a right angle. To amend this, the horizontal part was extended up to the inner curve of the chine. Thus, many more of the pieces could be taken from younger trees, and the carpenters' work was lessened in the tricky zones at the angles where the grain tends to be most irregular.

The assemblage of the bottom of the boat did not at first seem to be problematic. The Gallo-Roman original has been analysed in great detail and the building process clearly broken down into 17 stages. With *Altaripa*, the two main bottom-planks (A and D), were laid out diagonally to form the prow with one and the stern with the other. The curvature was obtained by sawing according to the natural bowing of the wood. Nevertheless, because of a slight natural bending found perpendicular to this first curve, the whole bottom structure had to be inverted and the assemblage process altered (which normally starts from port and proceeds towards starboard quarter), as well as the position of the chamfer carved on one edge of each plank to permit caulking.

The seams (the space between two bottom-planks required to be watertight) were roughly shaped by axe, and then accurately fitted with the help of a small hand saw, generally after four or five trimmings. The chamfer was carved in the port quarter edge before being treenailed to the plank. Extra preparation was again required as a small plank had to be placed between the planking and the support beams to allow the treenails to be severed with a blade. Once the bottom was assembled, it was dubbed (smoothed away) with adzes producing more than 2 t of chips and shavings,

and obliterating most of the traces from the previous sawing process.

The next step consisted in placing four spoon elements onto the ends of the transition-planks, before fitting them against the bottom planks. They had been shaped out of a log which had been split or sawn longitudinally.

The ribs were fixed to the planks with around 800 nails. These nails were manufactured in three stages: forging of the shank (30 per day), hammering of the head (60-90 per day) and the shaping of the point (140 per day), giving a daily production of 20 finished pieces.

Once the bottom had been assembled, but before it was treenailed onto the cradle, it was realised that the outer surface had not been fitted precisely enough. The boat had to be turned upside down, using modern methods, so as to level off the outer surfaces before proceeding with the caulking; we sought advice about this last operation from an old carpenter from the Saône river. Once the caulking-rope had been rammed into the seams, three (not two nor four) layers of moss were inserted capped by a lath of willow held down by caulking nails. For the 163 m of seams, 41-42 kg of moss (*Neckera crispa*) was used as well as some 4100 nails; 315 extra nails were needed to caulk or to repair defects in the wood. The caulking nails were forged at a daily rate of 150.

Problems of leakage appeared later on in the sides due to shrinkage of the planks after drying, and further caulking was needed for the seams situated above light watermark. In the lower course of the Rhine, this problem was solved by using overlapping planking for the sides held down by hooked nails.

Fundamentally, the entire work could be based on whole logs, or logs split longitudinally into two. The former include the four-transition planks, while the latter include the four spoon-planks, extending from these transition-planks, which make up the ends. Planks A and D could also be placed into this group, as well as planks B, E and F for the Gallo-Roman boat. Through and through sawing was certainly employed intensively, both to obtain planks and to rough out ribs, but the basic concept remains the same as observed in the Bronze Age boats discovered in England, in other words a log or half a log converted by reduction into the biggest possible plank. The maximum possible width was used and sometimes the greatest length as well if one of the main branches was to be retained (plank B on the Gallo-Roman model). In fact, the major change between the Bronze Age plank-boats and the Gallo-Roman boats was the disappearance of direct bindings between the planking (lashing or sewing), which allowed the hull to be homogenous and flexible, to be replaced by a more massive and heavier system with a strongly built framework (consisting here of paired ribs) fixed with nails.

The abandonment of direct fastening between the planking was certainly one of the chief characteristics of the Celtic naval tradition, the widespread adoption of nails being an efficient replacement which had already proved its value in other fields. Treenails could also have been chosen, but this proved not to be the case, and this method only overtook nailing as the principal method of fastening from the Middle Ages onwards.