

## Résumé

Depuis une vingtaine d'années, le lac de Neuchâtel est devenu un lieu privilégié pour l'étude de l'architecture navale européenne, non seulement à cause de ses nombreuses pirogues monoxyles (c'est-à-dire taillées dans un seul tronc), datant du Néolithique et surtout du Bronze final, mais essentiellement en raison de la découverte de trois embarcations gallo-romaines, à Bevaix et Yverdon, menacées ou partiellement détruites par le génie civil.

Traits d'union entre les architectures navales qui se sont développées en Méditerranée et en Scandinavie, ces trois bateaux en diffèrent fondamentalement, car ils ne sont basés ni sur le principe « bordé premier », ni sur l'assemblage primaire du squelette (c'est-à-dire la membrure et la quille), mais sont fondés sur *la construction sur sole*; autrement dit, le fond plat – ou sole – constitue un tout, servant de base à l'ensemble de la construction.

Ces trois bateaux ont donc un fond plat, formé par d'épaisses planches en chêne qu'aucun élément ne relie directement entre elles. En ce qui concerne le clouage tangentiel présent sur la barque d'Yverdon (Yverdon-2), il pourrait être assimilé, au niveau de sa conception, à une réparation, vu l'épaisseur extrêmement faible de son bordé. L'assemblage est assuré par le *clouage* des courbes constituant la membrure, pièces en forme de L façonnées dans un tronc et un départ de branche. L'étanchéité est réalisée au moyen d'un calfatage composé d'une ficelle, puis de paquets de mousse recouverts par une latte de saule que maintiennent des milliers de petits clous à tête plate. Ce *calfatage à base de mousse* restera en usage jusqu'au 20<sup>e</sup> siècle, en particulier le long du pied nord de l'arc alpin.

L'analyse en laboratoire du chaland de Bevaix et de la barque d'Yverdon, suite à la mise en œuvre des processus de conservation, a permis de procéder à de nouvelles observations et, en particulier, de restituer les lignes non déformées de ces bateaux. Dans le premier cas, on procéda à la réalisation d'un fac-similé, en moulant chaque fragment de planche (le bois original étant réimmergé dans le lac); dans le second, on eut recours à l'imprégnation du bois au moyen d'un polyéthylène glycol (PEG).

Le chaland de Bevaix, long de 19,35 m, large de 2,80 m et haut de 0,85-0,95 m, fut construit à l'aide de chênes abattus en 182 après J.-C. Son bordé est essentiellement constitué par quatre planches (A, B, C, D), longues de 10,60-12,45 m et larges de 0,60 m, posées en diagonale sur le fond. L'extrémité de la première correspond à la proue, la fin de la dernière à la poupe; ces deux parties proviennent de la souche d'un même chêne, comme le montrent les analyses dendrochronologiques.

Quatre bordages (bordages de bouchain), avec une section transversale en forme de L, permettent le passage du fond plat aux flancs verticaux. Ils délimitent la forme du bateau et assurent sa rigidité. Ils sont taillés dans quatre troncs de chêne et servent de base à la classification de ces embarcations, qualifiées de *polygonales*. La rigidité de ces éléments et les limites de dimension et de forme imposées par la matière première (à savoir les arbres) permettent de dégager trois ensembles en fonction du nombre de bordages ou de pièces par bouchain.

Avec une pièce, nous avons un premier groupe composé de barques longues d'environ 10 m (Yverdon-2), qui remplaceront les pirogues monoxyles lorsque les chênes suffisamment grands feront défaut ou seront destinés à d'autres usages; avec deux ou trois éléments, on obtient respectivement des chalands avoisinant 20 m (Bevaix et Yverdon-1, ce dernier ayant été construit vers 110-115) et 30 m (Zwammerdam-4), c'est-à-dire des embarcations dont la dimension et la cargaison dépassent très largement celles des plus grandes pirogues monoxyles.

Quant à la répartition des éléments formant la membrure, elle présente un rapport direct avec ces trois ensembles: plus un bateau est grand, plus l'espace séparant les paires de courbes se réduit.

La présence de chevilles rondes dans les bordages du fond du chaland de Bevaix, mais aussi de la barque d'Yverdon (les autres embarcations gallo-romaines n'ont pas, ou pas encore, pu faire l'objet d'une analyse aussi détaillée) montre que ces bateaux ont progressivement été assemblés et temporairement chevillés sur *un chantier de madriers*, voire, dans le second cas, sur un ensemble de gabarits extérieurs. Dans le premier cas, deux variantes peuvent être mises en relief: soit les planches du fond ont été fixées les unes après les autres, soit les bordages de bouchain ont été exclusivement chevillés, l'espace ainsi délimité n'étant rempli qu'ensuite (Bevaix-C). Des parallèles ethnographiques existent d'ailleurs pour ces deux modes d'assemblage. L'analyse des chanfreins taillés sur l'une des tranches des bordages de Bevaix, aménagés pour recevoir le calfatage volumineux, permet de suivre la construction de ce chaland planche après planche.

Ces dernières ont été réalisées en sciant longitudinalement de gros chênes selon la courbure du fond, les deux planches constituant les extrémités étant, de plus, cintrées à chaud. Les traces de multiples hache et herminettes ont aussi été observées, tout comme celles de scies à une main destinées à ajuster les bordages entre eux.

Des outils similaires ont été utilisés pour la confection des courbes, la scie de long étant ici remplacée par une scie passe-partout. Quant au ciseau à bois, il n'a été utilisé que pour tailler le trou central de l'emplanture de mât.

Cette dernière est disposée dans l'axe transversal (et non pas longitudinal), et localisée à la fin du premier quart. Des représentations iconographiques montrent que ces embarcations étaient propulsées à la voile, à la perche, au moyen de rames ou halées depuis le rivage. Elles étaient fréquemment dirigées au moyen d'une grande rame-gouvernail comme celle, longue de 10 m, découverte dans la baie de Bevaix en 1911. Pour ce qui est de la barque d'Yverdon, elle a été propulsée à la rame (comme le signalent des supports pour des bancs ainsi que des trous destinés à maintenir les rames, directement ou non) et à la voile, comme en témoignent deux emplantures (l'une, proche de l'extrémité la plus effilée, ayant été ajoutée secondairement).

La présence de petites chevilles carrées, destinées à colmater les trous laissés par l'extraction des clous reliant la membrure au bordé, a été constatée sur l'extrémité surélevée du chaland d'Yverdon et sur la planche C de celui de Bevaix. Elles témoignent de la présence de bordages recyclés et ont donc, dans ce dernier cas, permis d'identifier un second mode d'assemblage sur un chantier de madriers (Bevaix-C).

Le principe de base de ces embarcations est à rechercher dans la *pirogue monoxyle fendue longitudinalement*. Dans le cas de la barque d'Yverdon, ce sont deux gros troncs qui ont servi à tailler les deux demi-pirogues, celles-ci étant ensuite fixées ensemble par quelques tiges métalliques horizontales, un clouage tangentiel et une série de paires de courbes. Le développement de ce genre d'embarcation se serait poursuivi par l'introduction de planches entre ces deux éléments, le tout étant surmonté, si nécessaire, par d'autres bordages, à franc-bord comme pour les chalands de Bevaix et d'Yverdon, ou à clin. Quant au *façonnage* de tous ces éléments, il reste le même: en partant d'une volumineuse masse de bois, les charpentiers taillent ou sculptent la forme qu'ils veulent obtenir.

Retrouver l'origine de ces bateaux reste une opération délicate car les convergences de forme peuvent être nombreuses et difficilement identifiables, résultant de l'utilisation de plans d'eau peu profonds et de principes architecturaux relativement simples. Le passage fondamental de la couture ou de la ligature au clouage, lié au recours à une vraie membrure a dû se passer vers la fin du 2<sup>e</sup> siècle avant J.-C., voire un peu avant. Si l'on veut mettre en relief cette évolution, on pourra alors parler de *bateaux gallo-romains de tradition celtique*, mais en tout cas pas de bateaux d'origine romaine (exception faite, probablement, de Zwammerdam-2). En ce qui concerne le calfatage à base de mousse et le principe consistant à assembler des planches pour en faire des embarcations (et non pas des radeaux), leur origine est bien antérieure et remonte au moins à l'âge du Bronze, voire au Néolithique.

Si l'on prend maintenant en considération les autres bateaux gallo-romains à fond plat, on constate déjà l'usage du bouchain composé, c'est-à-dire constitué par l'assemblage de deux planches se joignant à angle vif (technique plus rationnelle dans l'exploitation du bois), et le chevillage pour relier la membrure au bordé. Cette dernière application du chevillage résulte probablement d'une influence romaine et prendra une extension considérable au Moyen Âge, comme on peut le constater sur le bateau du 7<sup>e</sup> siècle du Bourget ou celui du 16<sup>e</sup> siècle de Hallwil, où le bouchain est composé. Finalement, les deux techniques coexisteront fréquemment sur la même coque, le fond étant chevillé et les flancs cloués.

En fait, avec les divers bateaux gallo-romains découverts à ce jour, complets ou fragmentaires, tous les éléments qui caractériseront l'architecture navale des eaux intérieures jusqu'aux temps modernes sont présents. Bien adaptées aux divers milieux dans lesquelles elles sont utilisées, ces embarcations n'évolueront plus guère fondamentalement. Seul un choix sera réalisé entre les diverses techniques à disposition, en fonction des contraintes du moment.

## Zusammenfassung

Seit etwa zwanzig Jahren ist der Neuenburger See nicht nur als Fundort zahlreicher Einbäume aus dem Neolithikum und der Bronzezeit, sondern besonders durch die Entdeckung dreier gallo-römischer Boote bei Bevaix und Yverdon, die von Zerstörung bedroht oder schon durch Bauarbeiten teilweise zerstört waren, zu einem der interessantesten Orte für das Studium der prähistorischen und historischen europäischen Schiffbaukunst geworden.

Obwohl der Fundort geographisch in der Mitte zwischen Mittelmeer und Skandinavien liegt, so unterscheiden sich diese drei Schiffe jedoch in ihrer Konstruktionsart grundsätzlich von jenen, die man in diesen Regionen gefunden hat. Sie sind weder in Schalenbauweise noch in Spantenbauweise ausgeführt worden, sondern in einer *Grundplattenkonstruktion*. Anders ausgedrückt, der flache Schiffsboden – die Grundplatte – dient als Basis für die Gesamtkonstruktion.

Die drei Boote haben einen flachen Boden, der aus relativ starken Eichenplanken besteht, die nicht direkt miteinander verbunden sind. Die seitliche Nagelung beim Kahn von Yverdon-2 kann in ihrer Konzeption als Reparaturmassnahme interpretiert werden, zumal wenn man die extrem dünne Plankenstärke in Betracht zieht. Der Zusammenhalt wird durch aufgenagelte Bögen gewährleistet, die das Gerippe darstellen. Diese L-förmigen Stücke sind aus einem Stammstück mit einer Astgabelung hergestellt worden.

Die Dichtheit des Bootskörpers wird durch Kalfatern herbeigeführt, wobei als Kern eine Schnur fungiert, die mit Moospaketen bedeckt wird. Das Ganze wird mit Weidenlatten fixiert, die mit tausenden von kleinen, flachköpfigen Nägeln in den Seiten der Planken befestigt wurden. Dieser *Kalfater auf Moosbasis* bleibt, vor allem im Bereich des nördlichen Voralpenlandes, bis ins zwanzigste Jahrhundert in Gebrauch.

Die Detailuntersuchungen am Lastkahn von Bevaix und am Kahn von Yverdon-2 im Anschluss an die Konservierungsmassnahmen haben zu einer Anzahl von neuen Beobachtungen geführt, besonders was die Rekonstitution des nicht deformierten Bootskörpers betrifft. Beim Schiff von Bevaix wurde, um eine Kopie im Masstab 1/1 herzustellen, jedes Plankenfragment abgessert und das Original anschliessend wieder im See versenkt. Bei jenem von Yverdon-2 wurde eine Konservierung mit Polyäthylenglykol (PEG) in Angriff genommen.

Die Eichen, die zum Bau für den Lastkahn von Bevaix (Länge 19,35 m, Breite 2,80 m, Höhe 0,85-0,95 m) verwendet worden sind, sind im Jahre 182 n.Chr. geschlagen worden. Der Boden besteht aus vier Planken (A, B, C und D), die eine Länge zwischen 10,60 und 12,45 m und eine Breite von 0,60 m aufweisen und diagonal angeordnet sind. Das Ende der ersten Planke bildet den Bug, das Ende der letzten das Heck. Diese beiden Endteile stammen aus dem Wurzelbereich derselben Eiche, was durch die dendrochronologische Untersuchung nachgewiesen werden konnte.

Vier im Querschnitt L-förmige Plankenteile (die Kimmplanken) bilden den Übergang vom Flachboden zu den Bordwänden. Sie bestimmen die Form des Bootes und gewährleisten dessen Stabilität. Sie sind aus vier Eichenstämmen hergestellt. Diese Bauelemente werden als Kriterien zur Klassifikation der *polygonal* aufgebauten Boote herangezogen. Die Stabilität dieser Elemente, wie auch ihre Dimension und Form, ist durch die Verfügbarkeit des entsprechenden Rohstoffes (Bäume mit genügend grossem Durchmesser) vorgegeben. Die genannten Merkmale können zu einer Einteilung in drei Gruppen herangezogen werden, die auf der Anzahl der L-förmigen Planken pro Seite beruht.

Boote, die nur eines dieser Bauelemente aufweisen, können einer ersten Gruppe von Wasserfahrzeugen, die eine Länge von etwa 10 m haben (Yverdon-2, zugewiesen werden. Sie ersetzen im Gebrauch die Einbäume, wenn zu deren Herstellung nicht mehr genügend grosse Eichen beschafft werden konnten oder diese anderen Nutzungen zugeführt wurden. Mit zwei oder drei dieser Bauelemente pro Bordseite können Lastkähne von bis zu 20 m (Bevaix und Yverdon-1, letzterer zwischen 110 und 115 n.Chr. gebaut) oder sogar 30 m (Zwammerdam- 4) Länge gebaut werden; es handelt sich um Schiffe, deren Dimensionen und Nutzlast die der grössten Einbäume bei weitem übersteigen.

Was die Anordnung dieser Art von Spanten angeht, so kann ein direkter Bezug zu den drei Gruppen hergestellt werden. Je länger das Boot ist, desto mehr verringert sich der Abstand zwischen den Spanten. Der Nachweis von runden Dübeln in den Bodenplanken des Lastkahns aus Bevaix, aber auch des Bootes von Yverdon-2 andere gallo-römische Wasserfahrzeuge sind nicht so detailliert untersucht worden zeigt, dass diese Schiffe nach und nach zusammengebaut wurden und dazu kurzfristig auf einer *Bohlenwerft* mit Hilfe dieser Dübel fixiert wurden. Entweder wurden die Bodenplanken eine nach der

anderen auf diese Weise angedübelt oder aber nur die Kimmplanken und der durch sie begrenzte Zwischenraum wurde durch die Bodenplanken ausgefüllt (Bevaix-C). Für beide Konstruktionsweisen können ethnographische Parallelen aufgezeigt werden.

Die Untersuchung der Fasen, die auf der einen Seite der Planken des Lastkahns von Bevaix eingearbeitet wurden und die zur Aufnahme des voluminösen Kalfaters bestimmt waren, ermöglicht die Rekonstruktion der Abfolge des Konstruktionsablaufs dieses Schiffes Planke für Planke. Diese wurden durch das Aufsägen grosser Eichen hergestellt, wobei die Form des Bodens schon berücksichtigt wurde. Die beiden Planken, die für die Bug- bzw. Heckpartie bestimmt waren, wurden überdies noch über Dampf gebogen.

Spuren mehrerer verschiedener Äxte und Dechsel sowie solche einer Einhandsäge, die zum Justieren der Planken untereinander verwendet wurde, konnten ebenfalls beobachtet werden.

Ähnliche Werkzeuge wurden zur Herstellung der Spanten benutzt, doch wurde die Schrotsäge hier durch die Waldsäge ersetzt. Stechbeitel wurden dagegen nur bei den Vorbereitungsarbeiten für die Mastaufnahme eingesetzt. Sie ist in der Querachse ausgerichtet und befindet sich am Ende des vorderen Viertels des Bootes.

Ikonographische Darstellungen belegen, dass diese Art von Booten mit Hilfe von Segeln, mit Stangen, mit Rudern fortbewegt, oder mit Treidelseilen vom Ufer her gezogen wurden. Sie wurden häufig mit grossen Steuerrudern dirigiert, ähnlich dem etwa 10 m langen Stück, das 1911 in der Bucht von Bevaix gefunden wurde. Der Kahn von Yverdon-2 konnte sowohl durch Ruder, wie aus den Auflagen für Sitzbretter und den Löchern für die Rudergelenke ersichtlich, als auch nach Ausweis der beiden Mastlöcher durch ein Segel angetrieben werden. Eines dieser Löcher, das sich in der Nähe des erhaltenen Bootsendes befindet, ist erst später hinzugefügt worden.

Auf dem Heck von Yverdon-1 und auf der Planke C von Bevaix konnten kleine viereckige Dübel nachgewiesen werden, die dazu dienten, die Löcher der herausgezogenen Nägel zu verschliessen, die die Spanten mit der Bordwand verbunden haben. Sie belegen die Wiederverwendung von Bauteilen sowie beim Lastkahn von Bevaix eine zweite Konstruktionsart auf einer Bohlenwerft (Bevaix-C).

Das Grundkonstruktionsprinzip dieser Schiffe ergibt sich *aus einem der Länge nach gespaltenen Einbaum*. Für die Herstellung des Kahns von Yverdon-2 genügte ein einzelner gespaltenen Stamm nicht, sondern man verwendete zwei Stämme, aus denen die zwei Hälften des Bootskörpers geschaffen wurden. Diese beiden Hälften wurden anschliessend mit Hilfe einiger Metallstifte verzahnt und durch seitliche Nagelung und eine Anzahl Spanten fixiert. Anschliessend wurden zwischen diesen beiden Hälften Planken eingefügt und, falls nötig, das Ganze durch Hinzufügen weiterer Bordplanken erhöht, entweder im Karweelbau, wie bei den Lastkähnen von Bevaix oder von Yverdon-1 oder in Klinkerbauweise. Die *Herstellung* aller dieser Bauelemente gleicht jener bei den Einbäumen: ausgehend von einem relativ grossen Holzvolumen, das gespalten oder behauen wurde, wurde von den Baumeistern die jeweils benötigte Elementform herausgearbeitet.

Den Ursprung dieser Schiffsbauart näher zu bestimmen bleibt ein schwieriges Unterfangen, da es in typologischer Hinsicht, bedingt durch die Verwendung der Boote in niedrigen Gewässern und ihre einfache Konstruktionsweise, zahlreiche Übergangsformen geben kann, die schwer einzuordnen sind. Grundsätzlich dürfte sich der Übergang vom Vernähen oder Verbinden der Bauelemente durch Schnur zur Nagelung, im Zusammenhang mit der Verwendung einer wirklichen Spantenbauweise, gegen Ende des 2. Jh. v. Chr. vollzogen haben, vielleicht sogar etwas früher. Wollte man diese Entwicklung mit einem Ausdruck umschreiben, so könnte man hier von *gallo-römischen Schiffen in der keltischen Tradition* sprechen mit Ausnahme wahrscheinlich von Zwammerdam-2.

Der Ursprung des Kalfaters aus Moos und das Prinzip der Plankenbauweise von Schiffen ist mit Sicherheit mindestens in der Bronzezeit, wohl aber schon im Neolithikum zu suchen.

Zieht man nun die anderen gallo-römischen Boote mit flachem Boden in die Betrachtung mit ein, so kann man schon bei einigen von diesen die Konstruktion beobachten, bei der zwei Planken in spitzem Winkel miteinander verbunden werden, um den Übergang vom Boden zu den Bordwänden zu bauen (es handelt sich dabei um die rationellste Technik zur Ausnutzung des zur Verfügung stehenden Holzes) sowie den Einsatz von Dübeln, die die Spanten mit der Bordwand verbinden. Diese Anwendung der Dübelung ist vermutlich auf römischen Einfluss zurückzuführen und nimmt im Mittelalter sowohl geographisch als auch mengenmässig bemerkenswerte Ausnasse an, wie man an den Booten von Bourget (7. Jh.) und Hallwil (16. Jh.) sehen kann. Schliesslich werden häufig am seiben Schiffsrumpf die

beiden Verbindungstechniken nebeneinander angewandt, wobei der Boden gedübelt und die Bordwände genagelt werden.

Bei den gallo-römischen Booten, die bisher entdeckt wurden, können alle Konstruktionsmerkmale, die die Architektur von Flussschiffen bis in die heutige Zeit kennzeichnen, beobachtet werden. Bei diesen Schiffen, die der jeweiligen Nutzung gut angepasst wurden, kann jedoch kaum noch eine Weiterentwicklung festgestellt werden. Bei der Herstellung wird nur noch eine Auswahl unter den verschiedenen zur Verfügung stehenden Konstruktionstechniken getroffen, die sich an den Erfordernissen der jeweiligen Situation orientiert.

Übersetzung: *Martin Kurella*



## Riassunto

Da una ventina d'anni, il lago di Neuchâtel è diventato un luogo privilegiato per lo studio dell'architettura navale europea, non solo a causa dei numerosi ritrovamenti di piroghe ricavate da un solo tronco d'albero, appartenenti al Neolitico e, soprattutto, al Bronzo recente, ma essenzialmente a causa della scoperta, a Bevaix e Yverdon, di tre imbarcazioni gallo-romane minacciate o parzialmente distrutte dal genio civile.

Questi tre battelli, stadio di passaggio fra le architetture navali sviluppatesi nel Mediterraneo ed in Scandinavia, differiscono profondamente da quelli scoperti in queste regioni, poiché non sono basati né sul principio «primo fasciame», né su di una commettitura primaria dello scheletro (cioè l'ossatura e la chiglia), ma sulla *costruzione su fondo*; in altre parole, il fondo piatto costituisce un tutto e serve da base all'insieme della costruzione.

Queste tre navi hanno, quindi, un fondo piatto, costituito da spesse tavole di quercia che nessun elemento lega fra di loro (la chiodatura tangenziale presente nell'Yverdon-2 potrebbe essere assimilata, considerando la sua concezione, ad una riparazione, visto il debole spessore del suo fasciame). La commettitura è assicurata dalla *inchiodatura* degli elementi curvi che costituiscono l'ossatura, pezzi a forma di L ricavati dalla diramazione di un ramo dal tronco. La tenuta stagna è realizzata con un calafataggio ottenuto da cordame e da strati di spugna ricoperti con un listello di salice tenuto da innumerevoli piccoli chiodi a testa piatta. Questo *calafataggio a base di spugna* rimarrà in uso fino al 20° secolo, in particolare lungo la base del versante nord dell'arco alpino.

In seguito alla messa in opera del processo di conservazione, le analisi di laboratorio della chiatta di Bevaix e della barca di Yverdon-2 hanno permesso di procedere a nuove osservazioni e, in particolare, di restituire le linee non deformate dei battelli. Nel primo caso, si è provveduto alla realizzazione di un fac-simile, modellando ogni frammento di tavola (l'originale essendo stato immerso nel lago); nel secondo si è fatto ricorso all'impregnazione del legno tramite poli-etilglicole (peg).

La chiatta di Bevaix, lunga 19,35 m, larga 2,80 m ed alta 0,85-0,95 m, fu costruita con quercie abbattute nel 182 d.C. Il suo fasciame è essenzialmente costituito da quattro tavole (A, B, C, D) lunghe 10,60-12,45 m e larghe 0,60 m, poste in diagonale sul fondo. L'estremità della prima corrisponde alla prua, la fine dell'ultima alla poppa; queste due parti provengono dal ceppo della stessa quercia, così come è stato dimostrato dalle analisi dendrocronologiche.

Quattro bordature (borbature di lombolo), con una sezione trasversale a forma di L, permettono il passaggio dal fondo piatto ai fianchi verticali. Esse delimitano la forma del battello ed assicurano la sua rigidità. Sono ricavate da quattro tronchi di quercia e servono a classificare queste imbarcazioni qualificate di *poligonali*. La rigidità di questi elementi ed i limiti delle dimensioni e della forma imposti dalla materia prima (gli alberi), mettono in luce tre insiemi in funzione del numero delle bordature o dei pezzi di lombolo.

Con un pezzo, si è messo in evidenza un primo gruppo composto da barche lunghe circa 10 m (Yverdon- 2) che sostituiranno le piroghe nel momento in cui le quercie sufficientemente grandi saranno divenute rare o saranno destinate ad altri usi; con due o tre elementi, si ottengono delle chiatte di circa 20 (Bevaix e Yverdon- 1, quest'ultimo costruito attorno al 110-115) e 30 m (Zwammerdam-4), chiatte le cui dimensioni superano di gran lunga quelle delle più grandi piroghe ricavate da un solo albero. Per quanto riguarda la ripartizione degli elementi che formano l'ossatura, essa è in rapporto diretto con i tre insiemi: più grande è il battello, più piccolo sarà lo spazio che separa le coppie di elementi curvi. La presenza di cavicchi rotondi posti nelle bordature di fondo delle barche di Bevaix e di Yverdon-2 (le altre imbarcazioni non sono state ancora sottoposte ad una analisi così dettagliata), dimostra come queste imbarcazioni siano state progressivamente montate e temporaneamente accavigliate in *un cantiere di tavole*, oppure, come nel secondo caso, su di un insieme di sagome esterne. Nel primo caso, due varianti sono messe in rilievo; nella prima, le tavole di fondo sono state fissate le une dopo le altre, nella seconda, solo le bordature di lombolo sono state accavigliate, riempiendo, in seguito, lo spazio così delimitato (Bevaix-C). D'altra parte, esistono dei paralleli etnografici con entrambi questi modi di commettitura. L'analisi delle modanature, tagliate su di una fetta delle bordature di Bevaix e sistemate per ricevere il voluminoso calafataggio, ha permesso di seguire la costruzione di questa imbarcazione tavola dopo tavola.

Quest'ultime sono state ottenute, segnando longitudinalmente delle grosse quercie a seconda della curvatura del fondo, le due tavole costituenti le estremità essendo state, per di più, incurvate a caldo.

Sono state osservate le tracce di diverse ascie ed accette, così come quelle di seghe a mano, destinate ad aggiustare le bordature fra di loro.

Attrezzi simili sono stati utilizzati anche per la confezione degli elementi curvi, anche se la sega da boscaiolo viene utilizzata al posto della sega normale. Lo scalpello è stato, invece, unicamente usato per fendere il foro centrale della scassa dell'albero maestro.

Quest'ultima è disposta secondo l'asse trasversale (e non longitudinale) ed è localizzata alla fine del primo quarto. Alcune rappresentazioni iconografiche mostrano come queste imbarcazioni fossero sospinte con la vela, con delle pertiche, tramite dei remi od alate dalla riva. Si dirigevano tramite un grande remo-timone come quello, lungo 10m, scoperto nella baia di Bevaix nel 1911. Per quanto riguarda la barca di Yverdon-2, essa veniva spinta con dei remi, così come è dimostrato dai supporti per i sedili e dai buchi destinati a trattenere i remi, in modo diretto o indiretto, e con la vela come testimoniano la presenza di due scasse (di cui una, posta a prossimità dell'estremità più affilata, è stata aggiunta in un secondo tempo).

Si è, inoltre, constatata la presenza di piccoli cavicchi quadrati, posti sull'estremità sopraelevata di Yverdon-1 e sulla tavola C di Bevaix, destinati a turare i buchi lasciati dall'estrazione dei chiodi che univano l'ossatura al fasciame. Essi testimoniano il riciclaggio delle bordature ed hanno, in questo caso, permesso d'identificare un secondo modo di commettitura in un cantiere di tavole (Bevaix-C).

Il principio di base di queste imbarcazioni va ricercato nella *piroga ricavata da un solo albero e fenduta longitudinalmente*. Nel caso della barca di Yverdon, due grossi tronchi sono stati usati per ottenere le due semipiroghe. Queste ultime sono state, in seguito, fissate insieme tramite alcune aste metalliche orizzontali, un'inchioldatura tangenziale ed una serie di coppie d'elementi curvi. Lo sviluppo di questo tipo d'imbarcazione sarebbe proseguito con l'aggiunta di tavole fra i due elementi, il tutto sormontato, ove necessario, da altre bordature, a bordo libero come per Bevaix e Yverdon-1, o a varea. La *foggia* di tutti questi elementi rimane la stessa: partendo da una voluminosa massa di legno, i falegnami tagliano e scolpiscono la forma desiderata.

Ritrovare l'origine di queste navi rimane operazione delicata, poiché le convergenze nella forma possono essere molteplici e difficilmente identificabili, risultanti dall'uso di piani d'acqua poco profondi e da principi architettonici relativamente semplici. Il passaggio fondamentale dalla cucitura o legatura alla inchioldatura, legata ad una vera ossatura, si è probabilmente verificato attorno alla fine del 2° secolo a.C, forse un poco prima. Se si vuole mettere in rilievo questa evoluzione, si potrà parlare di *battelli gallo-romani di tradizione celtica*, ma mai, in ogni caso, di battelli d'origine romana (eccezion fatta, probabilmente, per quello di Zwammerdam-2). Il calafataggio a base di spugna ed il principio consistente nel commettere delle tavole per farne delle imbarcazioni (e non delle zattere) hanno un'origine anteriore, che risale fino all'età del Bronzo, e forse anche al Neolitico.

Se si prendono in considerazione le altre navi galloromane a fondo piatto si costata l'uso del lombolo composto, costituito cioè dalla commettitura di due tavole riuentisi ad angolo vivo (tecnica più razionale in materia di lavorazione del legno), e l'accavicchiamento per riunire l'ossatura al fasciame. Quest'ultimo uso dell'accavicchiamento risulta da un'influenza romana e prenderà un'importanza considerevole nel Medio Evo, come lo si può constatare nei battelli del 7° secolo di Bourget o in quello del 16° secolo di Hallwil dove il lombolo è composto. Per finire, le due tecniche coesisteranno frequentemente sullo stesso scafo, il fondo essendo accavigliato ed i fianchi inchioldati.

Tutti gli elementi che caratterizzeranno l'architettura navale delle acque interne fino ai nostri giorni sono presenti nei diversi battelli gallo-romani interi o frammentari ritrovati fino ad oggi. Ben adattate ai diversi ambienti nei quali sono utilizzate, queste imbarcazioni non evolveranno fondamentalmente più. In funzione delle costrizioni del momento, una scelta verrà effettuata fra le varie tecniche disponibili.

Traduzione: *Stefano Tonini*

## Summary

Over the last two decades, Lake Neuchâtel has become an eminent place for the study of European naval architecture, not only on account of its numerous dugout canoes or logboats (i.e. fashioned out of a single tree trunk) dating from the Neolithic, and above all, the Late Bronze Age, but mainly through the discovery of three Gallo-Roman boats in Bevaix and Yverdon which were threatened, or partially destroyed, by civil engineering.

These three boats, which link the naval architectures which developed in the Mediterranean and Scandinavian worlds, differ fundamentally from them because they are neither based upon the «shell first» principle, nor upon a «skeleton construction» (i.e. the framework and the keel), but rather upon a *bottom based construction*; in other words, the flat bottom constitutes a base for the entire construction. These three boats have a flat bottom, made out of thick oak planks which are not directly fastened to each other (the tangential nailing present in the small Yverdon-2 boat could be considered, conceptually, as a repair due to the extreme thinness of its planks). Assembly is achieved by the *nailing* of the ribs which are made of L-shaped pieces fashioned out of the fork between trunk and branch. Watertightness is ensured through caulking composed of a string, then layers of twisted moss, covered by a willow batten held in place by thousands of little nails with flat heads. This *moss caulking* remained in use until the 20th century, in particular along the northern foot of the alpine arc.

Laboratory analysis of the Bevaix lighter and of the Yverdon-2 boat, during the process of their conservation, afforded new observations and, in particular, the reconstruction of the lines of these boats which had not been deformed. A facsimile was made of the Bevaix lighter, by making a casting of each plank (before reimmersing the original wood in the lake); the wood of the Yverdon-2 boat was impregnated with polyethyleneglycol (PEG).

The Bevaix lighter, 19,35 m long, 2,80 m wide and 0,85-0,95 m high, was constructed with oaks felled in 182 AD. Its planking is essentially made up of four boards (A, B, C, D) 10,60-12,45 m long by 0,60 m wide, arranged diagonally along the bottom (ARNOLD 1975). The beginning of the first one constitutes the prow and the end of the fourth one, the stern; dendrochronological analysis shows that these two parts come from the same oak tree stump.

Four bilge-planks, L-shaped in section, allow the transition from the flat bottom to the vertical sides. They define the shape of the boat and ensure its rigidity. They were cut from four oak trunks and are the basis of the classification of these *polygonal boat*. The rigidity of their elements and the constraints in size and shape imposed by the raw material (trees), enable us to discern three groups based on the number of planks or pieces per bilge-strake.

A first group, with a one-piece bilge-strake, is composed of boats around 10 m long (Yverdon-2), which replace logboats when sufficiently tall oak trees become scarce or are needed for other purposes; with two or three-piece bilge-strakes, the lighters reach respectively 20 m (Bevaix and Yverdon-1, which was built around 110-115) and 30 m (Zwammerdam-4), that is to say, boats whose dimensions and cargoes greatly surpass those of the largest logboats.

The distribution of the elements of the frame is directly related to these three groups: the larger the boat, the closer the pairs of ribs.

The presence of round pegs in the floor planking of the Bevaix and also the Yverdon-2 (the other Gallo-Roman boats have not, or not yet, been subjected to such detailed analysis) shows that these boats were progressively assembled and temporarily pegged to *beam supports*, or, in the second case, to an assembly of external moulds. In the first case, two variations may be mentioned: either the bottom planks were attached one after the other or only the bilge-strakes were pegged and the resulting space was filled in afterwards (Bevaix C). Ethnographic parallels exist for both methods of assembly. Analysis of the chamfers cut on one edge of each Bevaix plank, prepared for ample caulking, allow us to follow the lighter's construction piece by piece.

The planks were obtained by sawing great oak trees lengthwise in accordance with the curvature of the bottom. Furthermore, the two planks forming the extremities were steamed into place. Marks produced by many axes and adzes were also observed, as well as those made by handsaws in order to adjust the planking.

Similar tools were used in making the ribs, cross-cut saws being replaced by two-man rip-saws. A chisel was only used to carve the central mortise for the mast-step.



The mast-step, placed in the transverse (and not the longitudinal) axis is situated at the end of the first quarter. Iconographic representations show that these boats were propelled by sails, with poles, with oars or towed from the shore. They were often steered by a large rudder such as the 10 m long example found in the bay of Bevaix in 1911. It can be seen by the bench supports and the holes for oars, that the Yverdon-2 boat was rowed as well as sailed, as it has two maststeps, one of which was added secondarily near to its more tapered extremity.

The presence of little square pegs, used to plug the holes left by torn-out nails which attached framework and planking was noted on the raised end of the Yverdon-1 boat and on plank C of the Bevaix lighter. They attest the recycling of planking and, in the latter case, enable us to identify a second method of assembly on a beam support (Bevaix-C).

The basic principle of these boats can be found in the *longitudinally split logboat*. In the case of the Yverdon-2 boat, two half canoes were carved from two large trunks. They were then fixed together with a few horizontal metal rods, tangential nailing and a series of pairs of ribs. The development of this kind of boat continued with planks being added in between these two elements and, when necessary, the whole was surmounted by other planking: flush planking in the case of Bevaix and Yverdon-1, or lap-strake. The *fashioning* of all these elements remains the same: the carpenters begin with a voluminous mass of wood and carve or sculpt the desired shape of the finished product.

Establishing the origin of these boats remains a delicate operation as the convergencies of shape can be numerous and difficult to identify, resulting from their use in shallow water and relatively simple architectural principles. The fundamental transition from sewing or tying to nailing, with recourse to a real frame, must have come about towards the end of the 2nd century RC. or a little earlier. If we want to emphasize this evolution, we could speak of *Gallo-Roman boats of Celtic tradition*, but definitely not boats of Roman origin (with the probable exception of Zwammerdam- 2). The moss caulking and the principle of assembling planks into boats (as opposed to rafts), originate much earlier, at least in the Bronze Age if not the Neolithic.

Now, if we consider the other Gallo-Roman flatbottomed boats, we find that they already use a composite bilge-strake, i.e. two planks joined at a sharp angle (a more rational technique to exploit the wood) as well as the system of attaching the framework to the planking with pegs. This use of pegging, probably resulting from Roman influence, becomes widely used in the Middle Ages, as can be seen on the 7th century boat of Bourget or the 16th century one of Hallwil with its composite bilge-strake. With time, both techniques often coexist on the same hull, the bottom being pegged and the sides nailed. In fact, all the elements characteristic of the naval architecture of inland waters up to modern times are present in the various Gallo-Roman boats, complete or fragmentary, discovered to date. These boats, being well adapted to the various conditions where they were used, no longer evolved fundamentally. A different choice of the various techniques available was made depending only upon the constraints of the moment.

Translated by: *Janet Lechmann-McCallion*