



# LE PROBLÈME DE LA PROPULSION DANS LA MARINE A RAMES

PAR M. C. CLERC-RAMPAL,

Attaché au Musée de la Marine.

La marine à rames constitue à la fois la forme la plus ancienne de la navigation et celle qui a duré le plus longtemps, car elle s'étend depuis les origines jusqu'au xvii<sup>e</sup> siècle de notre ère, tandis que la marine à voiles n'a réellement dominé que du xvii<sup>e</sup> siècle au milieu du xix<sup>e</sup>, et que la marine à vapeur n'a pas encore cent ans d'existence.

En outre, elle présente de nos jours un intérêt particulier, puisque les constructeurs de l'antiquité et du moyen âge ont eu, tout comme nos ingénieurs modernes, à résoudre le problème de la propulsion des vaisseaux par des moyens mécaniques indépendants du vent. Aussi, en dehors de la simple curiosité, il n'est pas inutile de rechercher des leçons dans le passé, et j'ai déjà indiqué dans un précédent Mémoire (*L'Archéologie navale et ses enseignements*, 1909) ce que l'on peut recueillir de ces études. Il est notamment curieux de constater que des lois générales s'appliquent aux trois genres de marines, rames, voile, vapeur, et que le développement de chacun de ces trois types s'est fait d'une façon identique, chaque type passant successivement par les mêmes phases. J'ajouterai que les mêmes errements se reproduisirent et que l'on vit, une fois déjà, au mépris de l'expérience antérieure, la multiplicité exagérée des types de bâtiments aboutir, dans une recherche maladroitement de la puissance, à un type trop grand. Il ne reste plus qu'à commettre la même faute dans la marine moderne pour que l'archéologie navale se présente à nous avec une splendide unité.

Le présent Mémoire n'a pas pour objet de traiter dans son ensemble la question de la marine à rames, ni même de la présenter dans ses grandes lignes. Il s'agit seulement d'exposer les données du problème de la propulsion dans ce type du bâtiment et les solutions qui y furent apportées, ainsi que le point particulier de la *polyrémie*, ou emploi des rames multiples, si souvent traité d'une façon fantaisiste.

Ces préliminaires posés, représentons-nous les différentes phases de la marine à rames au cours de sa longue existence. A partir des origines, la loi de la

C. R.

1



recherche du type de puissance maxima a joué, obligeant les constructeurs à augmenter le déplacement et les mettant aux prises avec le problème de la propulsion dès que ce déplacement atteignait une certaine valeur. Cette situation ne s'est pas présentée d'une façon continue; elle a existé au contraire plusieurs fois, dans des civilisations et à des époques très différentes, en Égypte, en Grèce, dans l'empire romain, à Byzance, et enfin au moyen âge. Mais on peut remarquer que les solutions ont tourné dans un cercle assez étroit, et notre grand archéologue Jal a pu dire à juste titre que « la galère du XVII<sup>e</sup> siècle de notre ère était une tradition assez fidèle de la galère égyptienne ». Le terme *tradition* n'est pas ici entièrement exact, car aucun lien ne relie ces deux bâtiments de même type, il faut entendre seulement que, placés en présence des mêmes données, avec l'énergie humaine comme moteur, les constructeurs de ces deux époques ont, à trois mille ans d'intervalle, abouti à la même solution.

La caractéristique principale du bâtiment à rames (je ne parle ici que du bâtiment de guerre), c'est de n'avoir possédé qu'un seul élément de puissance : la *vitesse*. Alors que les navires à voiles en eurent deux, la *vitesse* et l'*armement*, et les navires à vapeur trois, la *vitesse*, l'*armement* et la *protection*, le bâtiment antique n'avait qu'un élément d'action, l'*abordage* sous ses différentes formes : coup d'éperon ou lutte corps à corps, qu'il ne pouvait utiliser qu'à la condition de posséder une vitesse supérieure. Nous classons, bien entendu, sous ce terme de *vitesse* toutes les qualités nautiques parmi lesquelles la facilité d'évolution, le petit rayon de giration, le rapide renversement du sens de la marche, n'étaient pas les moins importantes. Cet élément unique a donc eu une valeur considérable dans la marine à rames, laquelle n'aura pas connu, dans toute leur ampleur, nos discussions modernes sur la prédominance à attribuer à tel ou tel élément constitutif, et c'est pourquoi le problème de la propulsion résume à lui seul presque toutes les préoccupations de l'ingénieur naval antique.

Le moteur existant était l'homme, et il n'a pas suffisamment varié en puissance au cours des âges pour que nous soyons tenté de lui en attribuer une supérieure aux époques reculées. Tout au plus, peut-on songer à une endurance plus grande, à un entraînement spécial plus complet, mais il est certain que les athlètes de l'antiquité ne dépassèrent pas dans les mêmes exercices les athlètes d'aujourd'hui. Au demeurant les équipages de rameurs n'étaient pas composés d'athlètes, mais d'hommes normaux dont la musculature ne devait pas avoir un développement plus grand que celui de la moyenne de nos contemporains. On pourra donc raisonner sur la base de la force humaine actuelle et, lorsqu'on se trouvera en présence d'une impossibilité, conclure de même pour les rameurs d'autrefois.

Le propulseur a revêtu deux formes : la *pagaie* et la *rame*. La pagaie est courte, la *pelle* ou partie immergée est large; on la manie à *bras francs*, c'est-à-dire sans prendre un point d'appui sur le bord du bateau. C'est l'instrument propre aux embarcations de petit déplacement, aux pirogues notamment, dans lesquelles on peut, à cause de la faible hauteur de franc-bord, utiliser ce genre

d'aviron au mieux de son rendement. En effet, la pagaie ne demande pas un grand emplacement, les gestes du rameur ayant une amplitude restreinte, et l'on se rend compte qu'il est facile d'obtenir dans des bateaux longs, à franc-bord et à bau modérés, une *densité de vogue* considérable au moyen de pagaieurs très rapprochés, enchâssés en quelque sorte les uns dans les autres, et conjuguant leurs mouvements. Mais, dès que le déplacement s'accroît, le franc-bord augmente et la pagaie devient inutilisable. Si l'on voulait alors conserver la même densité de vogue, il faudrait s'adresser à la *godille*, dont l'effet se produit sans nécessiter un espace aussi grand que la rame, mais il n'apparaît pas que l'on ait connu, ou du moins utilisé sur des bâtiments importants, ce genre de nage dans l'antiquité. Le seul exemple à citer d'un bateau de tonnage relativement élevé mû par une double rangée de godilles réparties de chaque bord est moderne; c'est un bateau japonais mesuré en 1867 par Armand Pâris, fils de l'amiral, et dont le modèle existe au Musée de Marine.

La pagaie est donc le propulseur des origines, l'instrument de la navigation primitive, dans laquelle le problème qui nous occupe ne s'était pas encore posé. Ce fut avec la rame, telle que nous la connaissons, que la question de la propulsion prit toute son importance. La rame est un levier du second genre très spécial dont la meilleure utilisation se produit dans les circonstances suivantes : 1° la proportion entre le *manche* (c'est-à-dire la partie située à l'intérieur du navire, depuis le point d'application jusqu'au rameur) et la longueur totale de l'aviron ne doit varier que de  $\frac{1}{3}$  à  $\frac{1}{2}$ ; 2° l'inclinaison de l'aviron immergé, au moment de l'effet utile, doit être compris dans des limites convenables afin que le rameur fournisse, autant que possible, son effort les bras étendus à la hauteur des épaules. Enfin, on peut remarquer que le rythme de la vogue sera d'autant plus ralenti que l'aviron sera plus long et, partant, plus lourd, tant à cause de l'inertie que parce que le rameur ne peut rapidement manier un aviron pesant dans le temps de l'*émersion*, lorsqu'il le ramène à la position première en en supportant tout le poids. Pour la même raison, l'amplitude des mouvements sera réduite avec les grands avirons et étendue avec les plus petits.

De ces considérations, il découle que la bonne utilisation des rames s'effectue dans des limites assez étroites, que ces limites varient suivant la longueur des rames et la hauteur de leur point d'appui, que, par suite, il ne faudra pas songer à faire agir ensemble des avirons de longueur et de poids trop disproportionnés. Ceci nous interdit donc les superpositions de rangs de rames multiples chers à certains archéologues, et nous limite également dans le poids et la dimension de l'aviron unique, même mû par plusieurs hommes.

Telles furent les données de l'expérience que possédèrent les constructeurs antiques lorsque la loi impérieuse de l'accroissement de puissance leur commanda de produire des navires de combat plus grands. Le problème était délicat; si, d'une part, la concentration des forces par l'augmentation du nombre des soldats placés à bord de chaque unité s'affirmait bien comme un facteur

de succès lors de l'abordage, ce mode même de combat nécessitait des bâtiments très manœuvriers, et cette considération à elle seule interdisait d'accroître par trop les dimensions. La rame n'y était pour rien, et si nous placions la science moderne devant un problème analogue, elle aboutirait aux mêmes conclusions. Supposons en effet tout connu, sauf la poudre à canon ; réduisons les armes à celles d'hast (épée, lance) ou de jet très rapproché (javelot, flèches), y aurait-il avantage, même avec nos machines à vapeur, à construire de grands bâtiments ? Nul doute que la réponse serait en faveur d'un certain tonnage, modéré à coup sûr, dans lequel les qualités évolutives et la puissance de concentration des forces trouveraient l'équilibre le meilleur. Les constructeurs d'autrefois ont donc eu, eux aussi, bien qu'avec des données différentes, à déterminer le *navire de puissance maxima*, tout comme les ingénieurs qui les ont suivis, et ce point de puissance maxima n'a nullement coïncidé avec le plus grand déplacement possible à leur époque, il est resté bien inférieur. Les anciens l'ont assez rapidement trouvé et s'y sont tenus ; les modernes, au XVI<sup>e</sup> siècle, l'ont dépassé avec la *galéasse*, erreur que l'apparition de l'artillerie à feu vient toutefois excuser dans une certaine mesure. Cette recherche du bâtiment de plus grande puissance, qui, pour les anciens, était celle du *bâtiment bien manœuvrant de plus grand déplacement possible*, se réduisait donc surtout à l'étude de la propulsion. Prenons pour exemple la période grecque, l'une des plus caractéristiques, et nous allons voir se développer les différentes phases de cette étude.

Les Grecs ont eu quatre types successifs de bâtiments de combat :

I. A l'origine, ce furent des barques longues, non pontées, de très faible déplacement, mues par un certain nombre d'avirons répartis de chaque bord. C'est le type de tous les bateaux primitifs que l'on rencontre au début de chaque civilisation dans la longue histoire de la marine à rames. Suivant le nombre des *rameurs* (et non des *rames*), ces bâtiments s'appelaient *eikosores* (20 rameurs), *triacontores* (30 rameurs) et *pentécontores* (50 rameurs). Les plus petits de ces bâtiments avaient autant d'avirons que de rameurs, mais un calcul très simple nous prouve que déjà, dans la *pentécontore*, il ne pouvait plus en être ainsi. En effet, si l'on prend pour valeur de l'intervalle d'un tolet à l'autre 0<sup>m</sup>,92 (trois pieds grecs), comme les textes et l'analogie avec nos chaloupes des vaisseaux du XIX<sup>e</sup> siècle nous y autorisent, on voit que si l'on voulait aligner cinquante rameurs à raison de vingt-cinq de chaque bord, on arriverait pour la chambre de vogue seule à une longueur minima de  $25 \times 0^m,92$ , soit 23<sup>m</sup>. Le bâtiment devrait donc avoir au total de 30<sup>m</sup> à 32<sup>m</sup> de bout en bout et une pareille longueur oblige à une largeur au fort d'au moins 4<sup>m</sup> et à un tirant d'eau d'environ 1<sup>m</sup>. Avec ces chiffres qui sont des minimums, nous arriverions pour le poids de coque seul à une soixantaine de tonneaux et à un déplacement en charge avec armes, vivres et équipages, de près de 80<sup>t</sup>. On ne peut songer à faire atteindre une vitesse convenable à une pareille masse avec cinquante

rameurs seulement. Aussi, il est beaucoup plus rationnel d'admettre, avec l'amiral Serre qui arrive aux mêmes conclusions, que la pentécontore n'avait qu'une chambre de vogue de 12<sup>m</sup>, ce qui permet treize bancs avec quatre rameurs par banc, sauf le banc de l'avant plus étroit qui n'en aura que deux. La longueur totale du bâtiment arrive alors à 18<sup>m</sup>, le bau à 3<sup>m</sup>,60 et le poids de coque à 10<sup>t</sup>. En charge, avec l'armement, soixante hommes et dix jours de vivres, on atteint un déplacement total de 22<sup>tx</sup> et les cinquante rameurs peuvent alors imprimer à l'ensemble une vitesse de 5 à 10 nœuds.

Comme on le voit, la question de l'utilisation des rameurs par le placement de plusieurs hommes sur le même aviron s'est posée de très bonne heure, avec des bâtiments qui n'étaient guère encore que de grandes embarcations.

II. Le deuxième type, celui des guerres médiques, n'est que l'agrandissement à 50<sup>t</sup> environ du type précédent, accroissement de tonnage qui permet un pont, une cale à provisions, et deux *leagues* aux extrémités servant de magasin d'armes et de logement pour le chef. Le nombre des rameurs a été augmenté en proportion.

III. Le troisième type est le plus intéressant. C'est celui des guerres du Péloponèse, aux v<sup>e</sup> et iv<sup>e</sup> siècles, où l'on voit apparaître la *trière* athénienne, ce chef-d'œuvre de la marine antique. A cette époque nous avons définitivement quitté la période des barques, pontées ou non, et nous sommes en présence d'un réel bâtiment dont le déplacement ne saurait être inférieur à 130<sup>tx</sup> ou 140<sup>tx</sup>, ce qui implique une longueur d'environ 40<sup>m</sup>, un bau proportionné d'au moins 4<sup>m</sup>,50 et un tirant d'eau de 1<sup>m</sup>,10 à 1<sup>m</sup>,20. La question de la propulsion devient ardue : il faut augmenter encore à tout prix la force motrice, c'est-à-dire le nombre des rameurs.

La vitesse, ne l'oublions pas, ne doit pas en effet descendre au-dessous d'un certain chiffre, 5 nœuds pour fixer les idées, et les qualités évolutives doivent être les plus grandes possibles, car l'éperon est devenu l'arme principale, l'arbitre des combats sur mer. En effet, avec ces déplacements relativement élevés, un coup d'éperon peut être mortel et terminer la lutte en coulant l'adversaire. On cherchera donc beaucoup plus la décision du combat par l'éperon que par une lutte corps à corps dont l'issue lente est, jusqu'au dernier moment, douteuse.

Deux moyens se présentent : ou bien augmenter le nombre des avirons dans le sens horizontal, ou placer davantage de rameurs sur chacun d'eux. Le premier moyen conduit tout de suite à un accroissement de tonnage, puisqu'il faut agrandir la chambre de vogue pour avoir la place des avirons supplémentaires. On pourrait s'y résigner, mais, outre la diminution des qualités évolutives résultant de l'augmentation de longueur, on voit de suite que chaque paire d'avirons supplémentaire nécessite une *tranche* complète transversale de 0<sup>m</sup>,92 de long. Par suite, on ne doit pas s'attendre à une augmentation de

vitesse, car le déplacement croît ici plus vite que la force motrice correspondante. Il faudra donc s'ingénier, non plus à augmenter le nombre des avirons dans le sens horizontal, mais dans le sens vertical en les superposant, et c'est ce que l'on appelle la *polyrémie*. Un obstacle se présente tout d'abord pour la réaliser : il ne faut pas que la combinaison conduise à des avirons de longueurs trop différentes, car nous savons que, dans ce cas, il sera impossible de les réunir dans un même rythme de nage. Or, c'est malheureusement à quoi ont été amenés tous les modernes qui ont essayé de reconstituer la trière antique en partant de la superposition, non seulement des *rames*, mais aussi des *rameurs*. L'Allemand Graser, dont les idées résument assez bien cette école archéologique, place, en effet, ses rameurs en quinconce, avec 0<sup>m</sup>,60 d'intervalle de banc à banc et 0<sup>m</sup>,60 de distance verticale d'un rang à l'autre. Malgré ces dimensions réduites qui l'obligent à enchâsser les hommes, le buste de l'un entre les jambes de l'autre, dans des positions inconciliables avec leur travail, il arrive à des longueurs d'avirons de 3<sup>m</sup>, 5<sup>m</sup> et 7<sup>m</sup>, suivant la rangée. Les conséquences, au point de vue de la coque, montrent l'impossibilité de cette solution : la trière Graser a un franc-bord de 3<sup>m</sup>,30 et sa *penlère* (musée de Berlin), navire à cinq rangs de rames, arrive à 4<sup>m</sup>,50 pour le même élément. Ces chiffres sont en désaccord avec le bas-relief de l'Acropole qui ne donne que 1<sup>m</sup>,10 et ils conduisent à admettre pour les autres dimensions de la coque des valeurs inacceptables.

En outre, à cause de la proportion du tiers qu'il faut avoir entre le manche et la pelle comme nous l'avons vu, les hauts des bâtiments de Graser sont obligés de présenter un devers accentué dont l'influence néfaste sur les qualités nautiques n'est pas à démontrer. La polyrémie avec superposition complète des *rameurs* n'a donc sans doute jamais existé, au moins dans les constructions navales courantes. Il est tout au plus admissible qu'elle a été réalisée sur des navires spéciaux, bâtiments d'apparat nés de la fantaisie de quelque satrape. Cependant on peut concevoir une autre forme de polyrémie, réalisable et pratique, qui fut employée au moyen âge : c'est la polyrémie par *doublement*, c'est-à-dire en plaçant sur le même banc plusieurs rameurs tenant chacun un aviron. Les galères vénitiennes du xvi<sup>e</sup> siècle étaient ainsi équipées. Chaque banc, légèrement oblique par rapport à l'axe longitudinal, l'extrémité intérieure étant plus vers l'arrière que l'extrémité en abord, recevait trois hommes dont les avirons se bordaient côte à côte sur trois tolets très voisins. L'obliquité du banc permettait le jeu simultané de ces trois avirons, dont les longueurs, décroissantes à partir de l'aviron manié par le rameur le plus éloigné du bord, étaient assez peu différentes pour que le même rythme pût être employé. Cette polyrémie, possible et acceptable, offre cependant un inconvénient : elle pousse à un bau considérable et ne peut être par suite pratiquée que sur un bâtiment d'assez fort déplacement, comme les galères vénitiennes du xvi<sup>e</sup> siècle qui atteignaient 200<sup>t</sup> à 230<sup>t</sup>. Or les navires grecs, sauf exceptionnellement vers les iii<sup>e</sup> et ii<sup>e</sup> siècles, n'allèrent pas jusqu'à ce déplacement,

malgré ce que pensent certains hellénistes qui prennent trop au pied de la lettre les descriptions des auteurs du temps. Il n'y a pour s'en convaincre qu'à se rappeler que les Grecs avaient la coutume de haler à terre leurs bâtiments avec les seuls moyens du bord. Or si la chose est déjà ardue pour un navire d'une centaine de tonnes comme la trière, si l'on est conduit même à supposer que l'opération demandait l'aide de deux ou trois équipages et n'était possible qu'à une réunion de bâtiments, il est bien évident que cette considération ne permet pas d'entrevoir un type courant de navire antique à rames d'un déplacement égal à celui des galères modernes. La polyrémie par doublement n'a donc pas dû être employée sur les trières.

Une autre observation va nous confirmer dans cette opinion. La trière grecque a été par excellence le bâtiment à éperon; le combat par le choc fut en effet prépondérant à cette époque tout comme la lutte d'artillerie l'est aujourd'hui. Il est donc certain qu'on sacrifia tout aux qualités, nautiques nécessaires à l'emploi de cette arme. La plus précieuse de ces qualités c'est assurément la possibilité de renverser rapidement le sens de la marche et d'obtenir en arrière une vitesse égale à celle développée en avant. Nous savons de source certaine d'ailleurs que les formes de la trière étaient propres à la marche dans les deux sens, l'arrière présentant des lignes très effilées. Or quelle disposition peut-on adopter en ce qui concerne la vogue pour que le moteur fournisse une égale puissance dans chaque cas ? Il faut nécessairement que le rameur puisse se retourner et faire face à l'avant dans la marche en arrière, car on sait que l'homme développe une plus grande énergie, surtout dans un court espace de temps, lorsqu'il tire son aviron que lorsqu'il le pousse. Avec un seul aviron, mû par un ou plusieurs hommes, la chose est facile. Au signal donné, le ou les rameurs enjambent l'aviron, se retournent, les bancs des uns deviennent les bancs des autres et, à part la dernière équipe de l'arrière qui reste debout, la vogue entière se trouve dans des conditions de puissance égales à celles de la marche directe. On pourra aussi ne faire exécuter cette manœuvre qu'à un seul côté de la vogue, faire avant bâbord, arrière tribord, par exemple, et exécuter ainsi une sorte de volte sur place. Tout cela se conçoit si les avirons ne sont que sur un seul rang. Mais avec la polyrémie de Graser, avec la polyrémie par doublement elle-même, la chose devient impossible et la marche en arrière ne peut être obtenue qu'en *sciant* chaque rameur actionnant son aviron à rebours sans changer de place. On sait que dans ce cas la puissance développée est bien inférieure et les évolutions ne sauraient avoir autant de rapidité.

On est alors conduit tout naturellement à admettre la solution proposée par l'amiral Serre, celle de la polyrémie *successive*. D'après cet éminent archéologue naval, l'emploi simultané de plusieurs rangs d'avirons n'aurait été qu'exceptionnel dans la trière. Il y aurait eu trois sortes de vogues :

1<sup>o</sup> La *vogue thranite*, dans laquelle l'ensemble des rameurs de la trière action

nait la rangée des avirons supérieurs à raison de trois hommes par chaque aviron. C'était la nage de combat, celle qui donnait le maximum de vitesse et permettait les renversements de marche.

2° La *vogue zygile*, où la seconde rangée d'avirons était seule en jeu, chacun d'eux étant mû par deux hommes. Cette vogue réduisait d'un tiers la puissance du moteur, mais elle permettait de soutenir la nage plus longtemps, puisque les hommes pouvaient se relayer dans la proportion d'un sur trois. C'était la vogue des missions urgentes d'une certaine durée.

3° La *vogue thalamile* où l'on n'armait plus que la rangée inférieure d'avirons, lesquels n'étaient actionnés que par un seul homme. La vitesse se trouvait alors réduite, mais on pouvait soutenir la vogue très longtemps, puisque chaque rameur n'avait à fournir que huit heures de nage sur vingt-quatre. C'était le dispositif de la navigation courante en temps de paix, ou loin de l'ennemi.

Il existait cependant une nage où tous les rangs agissaient ensemble à raison d'un seul homme par aviron, quel que soit le rang, c'était la nage *simullanée*, mais il est bien évident, d'après ce que nous avons vu, que le rendement était alors inférieur à celui de la nage thranite. En effet, le mouvement, forcément réglé sur l'allure ralentie des grands avirons supérieurs que les plus forts rameurs actionnaient avec peine, devenait trop peu vif pour obtenir une vitesse égale à celle que pouvait procurer le rang supérieur seul mû par le même nombre d'hommes. En revanche, l'aspect de ces trois rangs rythmant leur effort sur une même cadence, le ralentissement résultant de cette nage, tout donnait à la trière une allure solennelle compassée, qu'on pouvait utiliser dans certaines cérémonies. C'est pourquoi le bas-relief de l'Acropole qui représente la chambre de vogue d'une trière pendant les fêtes des Panathénées nous montre les trois rangs d'avirons agissant ensemble, avec un seul homme visible à la rangée supérieure.

L'amiral Serre a traduit ses idées par une reconstitution de trière du IV<sup>e</sup> siècle dont le modèle figure au Musée de Marine. Les caractéristiques de ce bâtiment sont les suivantes :

Longueur entre perpendiculaires .....	40 <sup>m</sup>
Largeur au maître-couple .....	4,46
Creux du dessus de la sole à la ligne des baux .....	1,36
Tirant d'eau moyen .....	1,10
Différence des tirants d'eau <i>N</i> et <i>R</i> .....	0,20
Longueur à la flottaison .....	37,94
Largeur à la flottaison .....	4,40
Déplacement au tirant d'eau de 1 <sup>m</sup> ,10 .....	129 <sup>t</sup>
Surface immergée du maître-couple .....	4 <sup>m²</sup> ,310

*Devis des poids.*

Coque : 56 675<sup>kg</sup>. Équipage et vivres (200 hommes avec 20 jours de vivres à raison de 250<sup>kg</sup> par homme) : 50 000<sup>kg</sup>. Armement, mâture, rames, ancres, câbles : 15 000<sup>kg</sup>. Lest : 7 460<sup>kg</sup>. Total égal au déplacement : 129 135<sup>kg</sup>.

*Capacités utilisables.*

Cales : 60<sup>m²</sup>. Cales à lest : 10<sup>m²</sup>.

*Effectif d'équipage.*

144 rameurs (48 avirons thranites à 3 hommes), 18 soldats, 20 matelots, 18 officiers.  
Total : 200 hommes.

L'on a pu critiquer cette reconstitution, la déclarer non conforme à certains textes, mais on est bien obligé de reconnaître que ce bâtiment est possible, qu'il est capable de remplir les obligations découlant de l'histoire et de fournir la vitesse que les chroniqueurs s'accordent dans leurs récits à donner aux trières de cette époque.

En effet, prenons pour valeur de la puissance développée par un rameur  $\frac{1}{6}$  de cheval, chiffre auquel s'était rallié Forfait à la suite de ses expériences sur la matière, nous aurons 24 chevaux pour les 144 rameurs de la trière. Avec la maîtresse section 4<sup>m²</sup>,310 et un coefficient  $m$  que les formes excessivement fines de ce bâtiment (longueur égale à 8,9 fois le bau) nous autorisent à fixer à 3,5, appliquons la formule de vitesse (1). Nous aurons

$$V = 3,5 \sqrt[3]{\frac{24}{4,31}},$$

d'où

$$V = 5,31.$$

La vitesse serait donc supérieure à 5 milles.

La question de la polyrémie est-elle ainsi résolue ? Non certainement. Il demeure évident que des superpositions de *rames*, que des agencements plus ou moins ingénieux, ont vu le jour. Des monuments nous l'attestent, mais ils ne nous font jamais voir que l'extérieur du navire et toujours les rangs de rames superposés sont très rapprochés dans le sens vertical. En outre, aucun document n'existe nous offrant l'aspect d'un bâtiment armant plus de trois rangs d'avirons superposés. Nous pouvons donc conclure que jamais on ne dépassa ce chiffre, que les probabilités sont pour qu'aucune superposition de *rameurs* n'ait jamais existé, et que de fortes raisons militent en faveur de l'usage d'un rang unique d'avirons au combat.

IV. Le quatrième type de la marine grecque antique présente des caractéristiques curieuses. Vers le III<sup>e</sup> siècle, les machines de jet, l'*artillerie* pour employer le terme exact s'appliquant à tout engin lanceur de projectiles, avait

---

(1) L'application de la formule de vitesse à un bâtiment à rames pourrait prêter à la critique si l'on entendait en tirer des déductions rigoureuses. En effet, cette formule, qui n'est que la traduction en langage mathématique de nombreux résultats d'essais faits sur des bateaux à hélice, ne peut guère s'appliquer à d'autres bâtiments, notamment en ce qui concerne le coefficient d'utilisation  $m$  qui réunit, entre autres coefficients, celui du rendement de l'hélice. Aussi, nous ne donnons le résultat ci-dessus qu'à titre d'indication générale, et sous réserves.

acquis assez de puissance pour nécessiter une protection, non pas de la coque, mais des rameurs. Dans la trière des siècles précédents, de simples rideaux de cuir tombant du pont qui la couvrait suffisaient à garantir la chambre de vogue des flèches et des javelots. Il n'en était plus de même avec les machines perfectionnées dont les traits pouvaient traverser d'un seul coup les rideaux et plusieurs hommes placés côte à côte. On dut songer à mettre l'appareil moteur à l'abri, et ce fut alors que les ingénieurs grecs eurent à résoudre dans une certaine mesure nos problèmes modernes. Il leur fallut doser vitesse, protection et armement, car les grandes trières reçurent deux machines de guerre placées de chaque bord dans des tourelles en encorbellement leur assurant un champ de tir voisin de 180°. A la vérité ce n'était là que de l'artillerie légère, s'adressant seulement au personnel ennemi et ne visant pas à faire des avaries majeures dans les œuvres vives de l'adversaire. Il n'en résulta pas moins que l'on dut enfermer désormais les rameurs dans une chambre de vogue bordée latéralement en bois épais et que le déplacement monta de 130<sup>ix</sup> à 250<sup>ix</sup>. Les conséquences de ce fait furent énormes. Les rameurs atteignirent le nombre de 300, à raison de cinq par aviron; il y eut 120 soldats, l'abordage et la lutte corps à corps étant redevenu le mode de combat prépondérant par suite de la moindre agilité du bâtiment, et l'effectif total, avec l'état-major, passa à 470 hommes. Le type tendait à l'exagération, la puissance motrice n'était plus en rapport avec la masse, et il y avait là, somme toute, une sorte de décadence.

Le cadre de cette étude sommaire ne nous permet pas de suivre le bâtiment à rames dans toutes ses transformations au cours des siècles. Beaucoup de ces transformations d'ailleurs se firent suivant les phases que nous venons de voir avec la marine grecque. Ce qu'il faut noter, au point de vue de la propulsion, c'est la solution à laquelle on aboutit, et l'on se tint, à partir du moyen âge.

La galère moderne ne dépassa pas 300<sup>ix</sup> dans les types courants. Les plans officiels du xvii<sup>e</sup> siècle nous donnent ce chiffre avec une longueur de 46<sup>m</sup>,77, une largeur de 5<sup>m</sup>,84, un creux de 2<sup>m</sup>,32 et un tirant d'eau de 2<sup>m</sup>,37. La vogue employée présentait d'abord une *polyrémie par doublement* avec trois hommes par banc tenant chacun un aviron, mais ce genre d'armement nécessitait des rameurs très exercés, des professionnels, que l'on finit par ne plus posséder. Ce fut alors que l'on dut s'adresser aux forçats et que la *chiourme*, ou ensemble des rameurs, cessa d'être composée d'hommes libres. Malgré les avantages que paraît avoir présenté, au dire des auteurs, cette polyrémie, il fallut bien y renoncer avec ce nouveau personnel et en venir à l'aviron unique, sur lequel trois, quatre ou cinq rameurs, selon la grandeur de la galère, unissaient leurs efforts. Dans ce cas, en effet, il suffisait d'un seul homme exercé placé au manche pour conduire la vogue, les autres n'avaient qu'à suivre son mouvement. La vitesse de la galère, malgré ses 20 ou 24 avirons de chaque bord, ses 250 rameurs, ne dépassait pas 4 nœuds à 4 nœuds et demi, et le combat par l'éperon avait disparu.

Cinq canons, dont un de fort calibre, armaient à présent l'avant de la galère, et l'abordage, qui restait encore le facteur le plus décisif de la victoire, était précédé d'une lutte à distance. L'apparition de l'artillerie sonnait au reste le glas de la marine à rames et dès le *xvi<sup>e</sup>* siècle le vaisseau à voiles se dressait triomphant avec ses trois étages de bouches à feu. La galère ne se rendit cependant pas sans lutte. Un constructeur vénitien produisit la *galéasse*, bâtiment de 1600<sup>tx</sup>, portant il est vrai une importante mâture, mais dont le mode de propulsion au combat était toujours la rame. Vingt-cinq avirons de 15<sup>m</sup> de longueur placés de chaque bord et mps chacun par une équipe de neuf rameurs dont six tirant et trois poussant, s'essayaient à donner quelque vitesse à cette énorme masse. Trente canons de fort calibre étaient répartis dans des châteaux aux extrémités et l'équipage atteignait le chiffre incroyable, mais certifié par des documents, de *mille hommes*. Inutile essai d'accroissement de puissance; le navire à rames ne pouvait réunir les deux éléments, vitesse et armement; sa carrière était terminée.

D'après ce qui précède nous voyons que le problème de la propulsion dans la marine à rames a rencontré comme principale difficulté l'utilisation d'un moteur de petite puissance par rapport à son volume, c'est-à-dire très encombrant, qu'il fallait par surcroît appliquer à un propulseur tel que l'aviron dont les dimensions sont forcément limitées. Il y eut donc là un premier équilibre à trouver; il fallut fixer le point au delà duquel l'augmentation du nombre des rameurs sur le même aviron cesse d'être avantageux, et aussi les limites dans lesquelles il est possible d'obtenir un bon rendement d'avirons multiples agissant simultanément. Ceci fait, on eut à déterminer le déplacement, les lignes d'eau et les diverses dimensions du bâtiment le plus apte à la lutte par l'éperon, le plus manœuvrant dans tous les cas, tout en étant le plus puissant possible par le choc et par le nombre de ses combattants. Cette discussion se faisait, comme nous l'avons dit, bien en dedans des limites de la construction navale d'alors, et la difficulté ne se trouvait pas tranchée *a priori* par une impossibilité matérielle. Des bâtiments de commerce de 600<sup>tx</sup>, 700<sup>tx</sup> et plus ont certainement existé dans l'antiquité, à l'époque même où la trière athénienne jaugeait au plus 150<sup>tx</sup>. Ce fut donc bien de propos délibéré que les ingénieurs grecs fixèrent le déplacement de leurs navires de combat, et c'est pourquoi nous avons pu dire qu'ils ont connu le régime du compromis deux mille ans avant nous. La solution du navire de plus grande puissance, les anciens l'avaient trouvée dans un bon équilibre des qualités nautiques et des moyens d'action. Toute exagération, même d'un élément de puissance, est nuisible lorsqu'elle ne se fonde pas dans un ensemble harmonieux et les bâtiments monstres, ceux dont une partie se trouve développée au détriment des autres, ont toujours appartenu à des époques de décadence.

Voilà l'une des leçons que nous donne l'Archéologie navale et qui en font une science dont l'étude est loin d'être sans fruit. A la réflexion, le fait s'explique

du reste. Dans la longue histoire des combats sur mer, les moyens ont pu varier, mais le but poursuivi, les principes stratégiques et l'élément lui-même, l'Océan, n'ont pas changé. L'on ne s'étonnera donc pas de voir réapparaître presque périodiquement les mêmes problèmes, les mêmes solutions et aussi les mêmes erreurs. L'étude du passé n'aurait-elle pour résultat que de nous avertir de ces dernières, ce serait une raison suffisante pour ne pas la négliger.

(Extrait du *Bulletin de l'Association technique maritime*, n° 24; session de 1913.)