

Olivier Chaline, Philippe Bonnichon et Charles-Philippe de Vergennes (dir.)

LES MARINES DE LA GUERRE D'INDÉPENDANCE AMÉRICAINNE

(1763-1783)

II - L'opérationnel naval





C'est en 1776 que débute, entre *Insurgents* et Britanniques, la guerre d'Indépendance américaine, à laquelle prennent part la France (1778), puis l'Espagne (1779), en attendant qu'y soient impliquées les Provinces-Unies (1780). Toutes les grandes puissances maritimes et coloniales, hormis le Portugal, s'en sont mêlées. Si cette guerre n'est que marginalement européenne, les marines y jouent un rôle essentiel. C'est même le seul conflit important de l'histoire de France où les forces navales aient plus compté que les forces terrestres. Comment et où navigue-t-on avec un vaisseau ou une frégate ? Comment commande-t-on un bâtiment, une escadre ou une armée navale ? Que peut-on faire dans des conditions de mer données ? Quelles formes les opérations navales et les combats prennent-ils au temps de l'*Hermione*, du *Victory* et de la *Santísima Trinidad* ?

À l'initiative de la Société des Cincinnati de France et du Laboratoire d'histoire et d'archéologie maritimes (FED 4124) de Sorbonne Université, des historiens des États-Unis, de Grande-Bretagne, d'Espagne et de France examinent les types d'opérations et missions confiées aux marines, les conditions de navigation – notamment dans l'Atlantique –, le comportement au feu des navires, pris individuellement, comme des escadres auxquelles ils appartiennent, les modalités concrètes de l'exercice du commandement. C'est l'occasion de dresser un bilan des performances opérationnelles navales des trois grands belligérants sur mer, car l'histoire des opérations permet de sortir de la dualité quelque peu anachronique entre stratégie et tactique et pose une question décisive : que peut-on réellement faire avec une marine ?

Ce second tome sur l'opérationnel naval fait suite à l'étude des marines comme instrument.

Olivier Chaline, professeur d'histoire moderne à Sorbonne Université, Philippe Bonnichon, maître de conférences honoraire à Sorbonne Université, et Charles-Philippe de Vergennes sont membres de la Société des Cincinnati de France, dont ils animent la Commission d'histoire.



ISBN de ce document :

979-10-231-3377-6

Illustration :

Jean-François Hue, *Combat naval remporté devant l'île de la Grenade, le 6 juillet 1779* (détail), huile sur toile, Versailles, châteaux de Versailles et de Trianon, © RMN-Grand Palais (château de Versailles)/Gérard Blot

LES MARINES DE LA GUERRE D'INDÉPENDANCE AMÉRICAINE
(1763-1783)

II. L'OPÉRATIONNEL NAVAL



histoire maritime

collection dirigée par Olivier Chaline

La Real Armada

La Marine des Bourbons d'Espagne au XVIII^e siècle
Agustín Guimerá Ravina & Olivier Chaline (dir.)

La Maritimisation du monde

De la préhistoire à nos jours
GIS d'histoire maritime

L'Approvisionnement des villes portuaires en Europe du XVI^e siècle à nos jours
Caroline Le Mao & Philippe Meyzie (dir.)

La Naissance d'une thalassocratie

Les Pays-Bas et la mer à l'aube du Siècle d'or
Louis Sicking

La Piraterie au fil de l'histoire

Un défi pour l'État
Michèle Battesti (dir.)

Le Voyage aux terres australes du commandant Nicolas Baudin

Genèse et préambule
Michel Jangoux

Les Marines de la guerre d'Indépendance américaine (1763 -1783)

Tome I. *L'Instrument naval*
Olivier Chaline, Philippe Bonnichon & Charles-Philippe de Vergennes (dir.)

Les Ports du golfe de Gascogne

De Concarneau à la Corogne
XV^e-XX^e siècle

Alexandre Fernandez & Bruno Marnot (dir.)

Les Grands Ports de commerce français et la mondialisation au XIX^e siècle

Bruno Marnot

Olivier Chaline, Philippe Bonnichon et
Charles-Philippe de Vergennes (dir.)

Les Marines de la guerre d'Indépendance américaine (1763-1783)

II. L'opérationnel naval



Ouvrage publié avec le concours de Sorbonne Université,
de la Commission d'histoire de la Société des Cincinnati de France et du *Who's Who*.

Les PUPS sont un service général de Sorbonne Université

© Presses de l'université Paris-Sorbonne, 2018
ISBN : 979-10231-0585-8

Mise en page : Gaëlle Bachy
d'après le graphisme de Patrick Van Dieren

PUPS
Maison de la Recherche
Sorbonne Université
28, rue Serpente
75006 Paris

tél. : (33)(0)1 53 10 57 60
fax : (33)(0)1 53 10 57 66

pups@sorbonne-universite.fr
<<http://pups.paris-sorbonne.fr>>

PREMIÈRE PARTIE

Navigation et opérations

DÉVELOPPEMENTS ET AVANTAGES TACTIQUES DU
DOUBLAGE EN CUIVRE DES COQUES DES NAVIRES
FRANÇAIS, BRITANNIQUES ET ESPAGNOLS

Larrie D. Ferreiro
Defense Acquisition University
Fort Belvoir, VA, USA

La guerre d'Indépendance d'Amérique, en matière de ressources utilisées et d'effectifs engagés, fut avant tout une guerre sur mer. Les navires de guerre de la Grande-Bretagne, de la France et de l'Espagne furent déployés sur une grande partie du globe pour de longues périodes. En plus des dangers dus au vent, aux vagues et aux combats, ils étaient également confrontés à ceux provenant des plantes et des animaux vivant dans les océans. Les tarets dévoraient le bois, lui donnant l'aspect du gruyère, tandis que les algues et les coquillages, tels que les anatifes, s'attachaient aux coques, créant une traînée qui ralentissait considérablement leur vitesse. Depuis l'Antiquité, les constructeurs de navires ont essayé diverses techniques pour protéger les coques de ces dangers. Au XVIII^e siècle, à l'aube de l'industrialisation, un nouveau procédé fut inventé pour fabriquer des feuilles de cuivre qui, une fois appliquées sur des coques en bois, les protégeraient des tarets comme des salissures. Le doublage se révéla l'une des avancées techniques les plus importantes de l'histoire navale. Il réduisit les opérations d'entretien et permit aux navires de conserver leur vitesse et leur maniabilité dans la durée, deux données importantes à la guerre. Cette apparente panacée apporta cependant ses propres dangers : le cuivre provoquait la corrosion des boulons de fixation et des attaches en fer qui maintenaient les différentes parties des navires, menaçant l'intégrité même des carènes. Pour faire face aux exigences de la guerre, les officiers de marine, les constructeurs, les scientifiques et les industriels durent s'unir pour développer de nouvelles méthodes de doublage des flottes.

Teredo navalis, connu également sous le nom de taret, est le mollusque le plus courant de ceux, nombreux, qui s'attaquent au bois. Originaire de Méditerranée et d'Atlantique Nord, il a été dispersé dans toutes les mers du monde par les coques des navires en bois. Les tarets se nourrissent presque exclusivement de la cellulose du bois. Les larves de taret endommagent les navires en bois en creusant leur coque durant le premier stade de leur croissance, à l'état de larves, puis tout au long de leur croissance, qui peut atteindre 2 mètres. Ils creusent des tunnels de plus en plus larges dans le bois, causant de grands dégâts en se développant et en se multipliant. Des traces de détérioration due aux tarets ont été retrouvées sur des épaves datant de l'an 1400 av. J.-C.¹.

38

La technique consistant à surprotéger les coques en bois des navires pour éviter les dégâts dus aux tarets remonte à l'Antiquité. De nombreux revêtements ont été employés : du mastic de résine, des mélanges de chaux, de sable et d'huile de poisson, des produits tirés du pétrole, tels que la poix et le goudron. Une pratique courante dans cette région consistait à recouvrir la coque d'une couche de planches destinées à être sacrifiées. On pensait que les tarets creuseraient d'abord ces planches puis seraient ensuite ralentis par le goudron avant d'atteindre le bois de la coque. En pratique, il était difficile de caréner les navires lorsqu'ils opéraient outre-mer².

Le doublage en cuivre des navires de guerre britanniques était initialement une solution apportée à un problème. Charles Parry était le propriétaire de la fonderie de cuivre Tower Mills située à Mitcham, au sud de Londres. Son usine fabriquait des feuilles de cuivre pour la Monnaie britannique (il était un correspondant assidu du maître de la Monnaie, Isaac Newton), mais il recherchait de nouveaux débouchés pour sa production. En 1708, il se rapprocha de la Navy, prétendant avoir inventé une nouvelle méthode de protection des navires avec du cuivre britannique, lequel, presque sans contraintes, devait « les préserver des tarets et des anatifes [bernaclés] pendant toutes les navigations vers les Antilles et les Indes et leur éviter les carénages et les réparations, toutes opérations fréquentes que nécessitent les protections classiques ». La Navy se trouvait alors à la

1 Johann Müller, « Tree Species used in Historical Shipbuilding and their Risk of being Attacked by Teredinidae », Deutsche Gesellschaft zur Förderung der Unterwasserarchäologie, novembre 2012, <http://www.deguwa.org/data/File/Bohrmuschel-Mueller.pdf>, consulté le 11 janvier 2018.

2 Voir Fred Hocker, « Lead Hull Sheathing in Antiquity », dans Harry Tzalas (dir.), *Tropis III Third International Symposium on Ship Construction in Antiquity*, Athens, Greek Ministry of Culture, 1995, p. 197-206 ; Brian Lavery, *The Arming and Fitting of English Ships of War, 1600-1815*, London, Conway Maritime Press, 1987, p. 58-62 ; Woods Hole Oceanographic Institution, *Marine Fouling and its Prevention, Prepared for Bureau of Ships, Navy Department*, Annapolis, MD, Naval Institute Press, 1952, p. 211-213.

moitié de la guerre de Succession d'Espagne, qui exigeait le déploiement de navires dans des mers lointaines pour de longues périodes. Ainsi, bien que les surprotections en bois fussent d'une pratique courante pour prémunir les coques contre les tarets, l'Amirauté accepta d'examiner la proposition de Parry. Bien que reconnaissant que le doublage en cuivre était en mesure d'éviter les dégâts des tarets, la proposition fut rejetée, car elle coûtait quatre fois le prix d'une surprotection en bois et prenait deux semaines à installer, au lieu de deux jours. Charles Parry avait bien trouvé une solution, mais la Navy n'avait pas encore réalisé qu'elle avait un autre problème à affronter³.

Bien que l'idée de doubler les coques en cuivre n'ait jamais été abandonnée, la Navy tenta au cours des décennies suivantes de doubler de petites parties de navires. C'est la guerre de Sept Ans qui ramena l'attention sur le problème. En 1761, plusieurs hauts fonctionnaires, y compris l'inspecteur de la Navy, Thomas Slade, et le contrôleur de la Navy, George Cockburne, rédigèrent un rapport adressé à l'Amirauté se plaignant que « les navires de Sa Majesté récemment revenus des Antilles avaient été sérieusement dévorés par le ver et qu'il avait été impossible de les abattre en carène et les surprotéger aussi souvent que nécessaire, afin de protéger leurs coques⁴ ».

Poussés par le désespoir, ils suggéraient « que si les coques [des navires] étaient recouvertes de feuilles de cuivre, cela pourrait se révéler aussi efficace que n'importe quelle méthode actuellement envisageable ». Ils proposaient de doubler de feuilles de cuivre la coque d'une frégate en partance pour les Antilles. La proposition fut écoutée favorablement. Trois jours après l'arrivée du rapport, le premier lord de l'Amirauté, George Anson, autorisa le doublage en cuivre de la frégate l'*Alarm* de 32 canons, âgée de trois ans, en partance pour la Jamaïque. Les opérations furent menées rapidement : en trois semaines, le navire fut mis en cale sèche, sa coque recouverte de feuilles pesant douze onces par pied carré (environ 0,4 mm) et remis à flot⁵. Le navire partit pour une mission de vingt mois aux Antilles pour démontrer que la dépense du doublage en valait la peine. L'*Alarm* revint en Grande-Bretagne en juin 1763, peu après la fin de la guerre,

3 À propos du doublage dans la marine britannique, voir John R. Harris, « Copper and Shipping in the Eighteenth Century », *Economic History Review*, vol. 19, n° 3, 1966, p. 550-568 ; Roger J. B. Knight, « The Introduction of Copper Sheathing into the Royal Navy, 1779-1786 », *The Mariner's Mirror*, vol. 59, n° 3, 1973, p. 299-309 ; John Bingeman *et al.*, « Copper and other Sheathing in the Royal Navy », *The International Journal of Nautical Archaeology*, vol. 29, n° 2, 2000, p. 218-229 ; Randolph Cock, « The Finest Invention in the World: The Royal Navy's Early Trials of Copper Sheathing, 1708-1770 », *The Mariner's Mirror*, vol. 87, n° 4, 2001, p. 446-459 ; *id.*, « At War with the Worm: The Royal Navy's Fight against the Shipworm and Barnacle, 1708-1793 », *Transactions of the Naval Dockyards Society*, n° 3, 2007, p. 9-30.

4 Randolph Cock, « The Finest Invention in the World », art. cit., p. 450.

5 Un ratio de 12 onces de cuivre par pied carré est appelé de nos jours « 16 mil » ou « calibre 26 ». C'est le ratio classique du métal employé dans les gouttières de toit.

entra immédiatement en cale sèche et fut inspectée. Le rapport officiel établit que, bien que le doublage eût été arraché ou endommagé en certains endroits, il avait été remarquablement efficace.

Même après un séjour presque exclusivement dans les eaux tropicales, « le bois sous le doublage était absolument sain, à l'exception d'un endroit où le cuivre avait été arraché sur un cercle du diamètre d'un pied, et où le bois était couvert d'anatifes, et après inspection, on trouva que le ver y avait pénétré profondément ». En d'autres termes, la preuve apportée par l'*Alarm* démontrait que le doublage arrêtaient les tarets⁶.

L'avantage stratégique immédiatement obtenu était évident : le doublage de cuivre permettait à une flotte de demeurer à la mer beaucoup plus longtemps, et à plein potentiel sans avoir à caréner les navires au bout de quelques mois. Avoir moins de navires retirés du service pour effectuer des réparations équivalait à disposer de plus de forces, mais à moindre coût. En d'autres termes, le cuivre était un « multiplicateur de puissance ».

40

Le rapport concluait que non seulement le doublage avait arrêté les tarets, mais il n'était pas sujet à l'envahissement par les algues ou par toute autre cause de salissure. Ce second avantage – la réduction de l'envahissement des coques par les algues – fut une heureuse surprise pour l'Amirauté et la Navy. En mer, les algues marines et les anatifes s'attachent rapidement aux coques, ce qui ralentit les navires en accroissant leur traînée (par effet de friction). Les algues étaient retirées périodiquement lors de carénages ou mouraient et se détachaient d'elles-mêmes de la coque après un long séjour dans l'eau douce.

C'est une des raisons pour lesquelles le port de Philadelphie était apprécié, car les végétations marines y étaient éliminées par l'eau douce pendant les opérations de chargement et de déchargement des marchandises. Ce qui n'avait pas été compris à l'époque, c'est que le cuivre, en se dissolvant, devient toxique pour les plantes et les animaux et les tue. Non seulement le doublage des navires apportait un avantage stratégique en accroissant le temps de séjour à la mer sans avoir à caréner les navires, mais il procurait également un avantage tactique en réduisant la végétation sur les coques, évitait ainsi une perte de vitesse au cours des semaines et des mois passés à la mer.

Pour un navire à voiles, la vitesse était un facteur primordial. Elle permettait à un capitaine d'atteindre sa destination plus ou moins rapidement, de choisir sa position au combat et, si nécessaire, de fuir l'ennemi. La seule ombre au tableau de cette expérience parfaitement instructive apparaissait sous forme d'un curieux incident qui n'apparut pas trop important au début :

6 Les conclusions du rapport figurent dans Randolph Cock, « The Finest Invention in the World », art. cit., p. 451-452.

Nous avons été grandement surpris par les effets du cuivre sur le fer, là où les deux métaux se touchent, plus particulièrement sur les ferrures du gouvernail, qui étaient si corrodées et endommagées qu'elles n'auraient pas pu conserver leur solidité pour agir efficacement. Cet effet était observable sur tous les boulons et les ferrures placés sous la ligne de flottaison, à l'exception de là où le papier goudronné [qui recouvrait la coque] était intact, et de ce fait séparait les deux métaux. Là où cette protection était parfaite, le fer était préservé de toute attaque.

Les inspecteurs avaient découvert un phénomène qui allait affecter le doublage pour de nombreuses années : la corrosion par l'électrolyse de deux métaux dissemblables, immergés dans un liquide (électrolyte) conducteur comme l'eau de mer, ce qui entraînait une rapide corrosion du fer. Ils pensaient, à tort, comme il fut démontré plus tard, qu'une simple isolation des deux métaux par du papier fin réglerait le problème.

La Navy ordonna en toute confiance une autre série d'expérimentations à Woolwich et à Deptford, plus tard, en 1763, en doublant à nouveau l'*Alarm* et une autre frégate, en utilisant des feuilles de cuivre plus épaisses ainsi qu'une isolation aux ferrures avant de les renvoyer aux Antilles. Au début de l'année 1764, deux sloops doublés furent envoyés pour un voyage autour du monde. Lorsqu'en 1766 les quatre navires furent de retour en Grande-Bretagne, l'efficacité du doublage en cuivre contre les tarets et la végétation marine fut une nouvelle fois démontrée. Le capitaine d'un des navires dit alors que « le doublage était une des plus belles inventions du monde ».

On observa que le revêtement de cuivre était usé à de nombreux endroits, un phénomène que les officiers attribuaient « à la friction due à la grande vitesse du navire passant dans les mers au cours de deux voyages autour du monde ». Les mêmes phénomènes de corrosion furent observés en dépit des précautions prises. Même aux endroits où le cuivre et le fer avaient été séparés par du papier, la corrosion était constatée. Un rapport sur l'expérimentation établit que « les mauvais effets du cuivre, qui corrode et détruit les boulons et les autres ferrures sous la ligne de flottaison, sont confirmés sur ce navire et sur tous les autres navires doublés de cuivre », ce qui pouvait fragiliser irrémédiablement le navire et causer un naufrage catastrophique. L'exception vint du *Dolphin* sur lequel des boulons de cuivre avaient été utilisés, au lieu de boulons de fer.

Une inspection suivante, en 1768, montra que les boulons en cuivre, bien que toujours intacts, étaient beaucoup plus usés que des boulons comparables en fer. De ce fait, aucune des solutions proposées – isolation par du papier ou par l'emploi de fixations en cuivre – n'avait démontré leur efficacité contre les « effets pernicieux du doublage ». Celui-ci fut retiré de l'*Alarm* et des autres

navires. Quelques navires supplémentaires furent doublés en 1769 et 1770 (l'un d'eux, le sloop *Hawke* ne retourna pas en Grande-Bretagne avant 1775). Mais après cette date, et jusqu'à la guerre d'Indépendance d'Amérique, il ne fut pas entrepris de doublage à grande échelle des navires de guerre britanniques⁷.

42 La nouvelle des expérimentations satisfaisantes de la Navy attira immédiatement l'attention de la marine française (apparemment, pas celle de la marine espagnole, initialement, tout au moins), laquelle était confrontée aux mêmes problèmes, les taretts et les algues. La guerre de Sept Ans était à peine terminée que des officiers de marine français visitaient les chantiers navals britanniques pour découvrir les avancées qui avaient permis à la Navy de gagner de manière décisive la guerre sur mer. L'un de ces visiteurs était Henri Foulques d'Oraison, un jeune officier de 25 ans envoyé par le secrétaire d'État de la Marine, Étienne François, duc de Choiseul, pour passer les années 1764-1765 à effectuer une grande tournée des chantiers navals. D'Oraison fut sans doute le premier officier français à examiner l'*Alarm* à Woolwich, récemment revenue de son expérimentation du doublage en cuivre. Il écrivit un rapport à Choiseul. Quelques mois plus tard, le secrétaire d'État des Affaires étrangères, César Gabriel de Choiseul Praslin, probablement à l'instigation de son parent Étienne François, demanda à Paul de Blosset, son ministre plénipotentiaire à Londres, de se renseigner le plus possible sur le doublage en cuivre⁸.

Les renseignements glanés en Angleterre furent rapidement exploités. Les premiers essais de doublage français furent effectués en 1767 sur la goélette *Gorée*, en partance pour l'Afrique. L'année suivante le sloop *Expérience* fut construit avec un doublage de cuivre par le capitaine de brûlot Jacques Boux – qui devint plus tard officier dans la marine américaine. L'essai suivant fut conduit en 1771 sur la frégate la *Belle Poule* en partance pour l'océan Indien, mais le doublage fut retiré peu de temps après son arrivée à l'île de France. On notera que la *Belle Poule* devint célèbre plus tard pour son duel contre la frégate britannique *Arethusa*, qui initia l'engagement français dans la guerre d'Indépendance d'Amérique.

7 *Ibid.*, p. 454-456; John R. Harris, « Copper and Shipping in the Eighteenth Century », art. cit., 1966, p. 552-553.

8 « L'Amirauté n'a encore rien décidé à l'égard des plaques de cuivre dont on double aujourd'hui les vaisseaux, on a fait plusieurs différentes épreuves plaçant tantôt les feuilles les plus épaisses de l'avant ou de l'arrière suivant que les uns ou les autres jugeaient que le frottement était plus considérable dans une partie que dans l'autre. » (Cité dans Sylviane Llinares, *Marine, propulsion et technique. L'évolution du système technologique du navire de guerre français au XVIII^e siècle*, Paris, Librairie de l'Inde, 1994, p. 124-127.) ; Sylviane Llinares, « Les mémoires et les correspondances des marins français voyageurs en Angleterre (1764-1785) », *Documents pour l'histoire des techniques*, n° 19, 2010, p. 177-185 ; John R. Harris, *Industrial Espionage and Technology Transfer: Britain and France in the Eighteenth Century*, Aldershot, Ashgate, 1998, p. 266.

Le doublage de ces navires fut façonné à la main dans la ville de Villedieu-les-Poêles, en Normandie, spécialisée dans le travail du cuivre, dont les habitants sont connus sous le nom de « sourdins » (les sourds) à cause du martèlement continu sur le métal⁹. Pour ces premières expérimentations de doublage en cuivre, la marine française avait déjà tiré certaines leçons apprises par la Navy, mais pas les plus importantes. Les plaques françaises étaient épaisses de 0,75 mm, soit le double de celles de l'*Alarm*, ce qui accrut la longévité du doublage.

Toutefois, les navires doublés connurent les mêmes phénomènes de corrosion des ferrures d'assemblage que les navires britanniques. Une enquête sur ce phénomène menée en 1772 par l'Académie de marine (qui menait des recherches au profit de la marine, en association avec l'Académie des sciences) classa l'affaire en rejetant simplement la cause du phénomène sur la qualité du fer. Aucune solution n'était en vue pour résoudre le problème de la corrosion, même en Grande-Bretagne. Lorsque François Étienne de Rosily-Mesros, un compagnon d'Oraison pendant le voyage autour du monde de Bougainville, fit le tour des chantiers navals britanniques de 1775 à 1777, y compris une visite guidée de l'*Eagle* de 64 canons à Woolwich, il ne mentionna pas de navire doublé de cuivre, une information d'autant plus importante qu'il était probablement à l'affût de solutions pour prévenir la corrosion. La marine française abandonna ses essais de doublage et aucune autre tentative ne fut faite pour doubler ses navires jusqu'à son entrée dans la guerre d'Indépendance d'Amérique¹⁰.

LES EFFETS BÉNÉFIQUES DU DOUBLAGE SUR L'HYDRODYNAMIQUE

Aucun scientifique, constructeur ou officier de marine de l'époque ne comprit précisément pourquoi le doublage de cuivre empêchait la végétation marine de s'accrocher aux coques, ou pourquoi il paraissait toujours diminuer d'épaisseur. Ainsi que nous le comprenons de nos jours, ces deux phénomènes sont directement reliés et expliquent les raisons pour lesquelles le cuivre est si efficace comme protection contre les algues.

Le cuivre, comme la plupart des métaux, s'oxyde dans l'eau de mer, chaque atome perdant un ou deux électrons pour devenir électriquement positif. Les ions de cuivre sont extrêmement toxiques pour les organismes mineurs. Ils

9 Jean Boudriot, *The History of the French Frigate, 1650-1850*, trad. David H. Roberts, Rotherfield, East Sussex, Jean Boudriot Publications, 1993, p. 151-153 ; Sylviane Llinares, *Marine, propulsion et technique*, op. cit., p. 128-129.

10 Jean Boudriot, *The History of the French Frigate, 1650-1850*, op. cit., p. 151 ; Sylviane Llinares, *Marine, propulsion et technique*, op. cit., p. 129-130.

oxydant et détruisent l'ADN et le ARN¹¹, tant dans la mitochondrie que dans le noyau, en coupant la source de production d'énergie et de reproduction de la cellule¹². Lorsque ces ions de cuivre toxiques se dissolvent, ils pénètrent dans les organismes, bactéries, anatifes, coquillages ou algues, et les tuent.

L'amenuisement du cuivre attribué à « la friction résultant de la grande vitesse du navire » était en réalité dû à l'oxydation de sa surface, lentement « pelée », rejetant à la mer les anatifes et les algues mortes qui salissaient la coque, laissant apparaître une nouvelle couche de cuivre, lisse et en bon état, qui relançait le processus.

De même, la théorie de la construction navale du XVIII^e siècle ne pouvait expliquer pourquoi la végétation marine qui salissait les coques les faisait ralentir, alors que les marins savaient depuis longtemps par expérience qu'une coque très sale pouvait diminuer la vitesse d'un navire de moitié. Les théories de l'époque disaient que la résistance était due au choc de l'eau contre la proue d'un navire et que le frottement de l'eau sur ses flancs était négligeable¹³.

44

Notre connaissance du phénomène s'est considérablement accrue depuis. Aujourd'hui nous identifions trois composantes majeures de la résistance à l'avancement d'une coque dans l'eau¹⁴. La première, le frottement de surface, est affectée par le doublage en cuivre. Le frottement de surface tient au fait que l'eau n'est pas un fluide « parfait », mais a un certain coefficient de viscosité. Elle est plus ou moins « collante ». En effet, l'eau ne fait pas que glisser sans effort sur un solide, mais elle « colle » (elle a une vitesse nulle) à la surface dudit solide. La zone de transition entre la zone de vitesse nulle, située le long de la surface et la zone « d'écoulement libre » de l'eau, est appelée « couche limite ». Le frottement de surface se mesure par la quantité d'énergie nécessaire pour créer et dissiper les tourbillons au sein de la couche limite. D'une manière générale, une surface rugueuse a un frottement de surface plus grand, car elle réclame plus d'énergie pour créer un flot plus turbulent (c'est-à-dire des tourbillons plus nombreux et plus grands) au sein d'une couche limite plus épaisse, tandis qu'une surface lisse a un frottement de surface moindre, car elle génère un flot rectiligne sur une période plus longue, a une couche limite plus mince, c'est-à-dire avec moins de tourbillons, plus petits. Le frottement de surface est généralement étudié

11 L'acide désoxyribonucléique (ADN) et l'acide ribonucléique (ARN) sont des molécules biologiques présentes chez toutes les cellules. L'ARN transcrit le code génétique dans l'ADN pour fabriquer des protéines au cours de la reproduction cellulaire.

12 Maria Agnes Cser, *Metal Ions in Biology and Medicine*, Montrouge, John Libbey Eurotext, 2004, p. 131.

13 Larrie D. Ferreiro, *Ships and Science: The Birth of Naval Architecture in the Scientific Revolution, 1600-1800*, Cambridge MA, MIT Press, 2007, p. 174-176.

14 Edward V. Lewis (dir.), *Principles of Naval Architecture*, Jersey City, SNAME, 1988, t. II, p. 1-125.

au cours de l'analyse de la résistance à l'avancement d'un navire en tant que phénomène à deux dimensions le long de la surface de la coque.

La deuxième composante de la résistance à l'avancement d'une coque est généralement dénommée résistance de viscosité, ou traînée, et comprend un certain nombre de facteurs : la résistance formée par les tourbillons, la traînée, la résistance à la séparation du fait de la viscosité de l'eau, qui tous résultent du mouvement de l'eau le long d'une coque à trois dimensions. Une modification de la forme d'une coque entraîne une modification de la direction prise par l'eau quand elle s'écoule. Il en résulte des modifications de la pression de l'eau, l'apparition de larges tourbillons, tout ce qui exige davantage d'énergie et, de ce fait, provoque une plus grande résistance à l'avancement. En général, plus une coque est courte et large, plus elle génère de la résistance à l'avancement.

La troisième composante de la résistance à l'avancement est la formation de la vague, qui apparaît à la limite entre l'eau et l'air. La formation de vagues exige de l'énergie, tout comme la traînée. La formation de vagues, ainsi que la résistance à l'avancement du fait de la viscosité de l'eau, dépendent de la forme de la coque. Les coques courtes et larges génèrent plus de vagues. Plus que la friction ou la résistance à l'avancement du fait de la viscosité de l'eau, la formation de vagues est fonction de la vitesse du navire, augmentant d'un facteur 6, voire plus, à grande vitesse.

Les effets de ces trois composantes varient selon le ratio non dimensionnel : vitesse-longueur, connu sous le nom du « nombre de Froude » : $(V \sqrt{gL})$. Les navires de guerre à voiles du XVIII^e siècle avaient généralement une longueur de 45 à 55 mètres et filaient généralement de 2 à 9 nœuds. Ce qui signifie qu'ils évoluaient selon une valeur faible du nombre de Froude compris entre 0,06 et 0,2 (un destroyer moderne filant 30 nœuds évolue selon un nombre de Froude de 0,45). À ces faibles vitesses, la résistance créée par les vagues est négligeable, de telle sorte que la part la plus importante de la résistance totale à l'avancement des navires de guerre à voiles était constituée par la friction de la coque, comptant pour les 2/3.

Ceci explique pourquoi il était si important de réduire les salissures de la coque sur les navires de guerre à voiles. Les coquillages, les algues et les anatifes peuvent se développer considérablement sur une coque laissée sans entretien pendant une longue période. Lors d'une mission à la mer de six mois, un destroyer à coque en acier avait accumulé un kilogramme de matière par mètre carré. Un navire à coque en bois aurait bien pu accumuler une surcharge d'une tonne, voire plus, sur toute la coque. Cette importante surcharge crée une surface beaucoup plus rugueuse de laquelle résulte un flot plus turbulent le long de la

coque. Dans le cas d'une coque très sale, la résistance due à la friction pouvait atteindre le double, voire le triple, de celle d'une coque propre¹⁵.

La salissure de la coque a des effets sur la résistance à l'avancement et sur la vitesse d'un navire de ligne¹⁶. En admettant que ce vent soit suffisant pour propulser le navire doublé à une vitesse de 6 nœuds, le navire sale filerait derrière lui 4,6 nœuds. Si les deux navires entamaient une course à l'aube, dans l'après-midi, le navire doublé de cuivre ne ferait plus voir sa coque au navire sans doublage, mais seulement ses voiles au-dessus de l'horizon.

46

La rugosité de la coque a un effet sur l'écoulement de l'eau sur le gouvernail, tout particulièrement aux faibles vitesses des navires de guerre à voiles. Le gouvernail d'un navire à voiles agit comme un aileron sur l'aile d'un avion, modifiant la distribution de la pression à l'arrière pour faire tourner le navire¹⁷. Une coque propre doublée de cuivre provoque un écoulement de l'eau plus doux, plus régulier, de telle sorte que le différentiel de pressions de part et d'autre du gouvernail (la différence entre les hautes et basses pressions) est plus prononcé. Il en résulte un moment de giration accru. En d'autres termes, le navire répond mieux à la barre à faible vitesse. Au contraire, une coque sale, plus rugueuse, crée un flot plus turbulent sur le gouvernail, réduisant ainsi le moment de giration. En d'autres termes, le navire ne répond pas à la barre à faible vitesse.

LES PHÉNOMÈNES ÉLECTROCHIMIQUES DU DOUBLAGE EN CUIVRE

Les scientifiques, constructeurs, et officiers de marine qui ont observé les effets pernicious que produisait le cuivre sur le fer n'avaient pas compris la nature électrochimique du phénomène. En effet, au moment même où la guerre d'Indépendance d'Amérique faisait rage, Antoine-Laurent de Lavoisier jetait les bases de la chimie moderne. L'origine du phénomène tient à la différence de nature du cuivre et du fer. Tous les deux sont des métaux et s'oxydent (perdent des électrons) dans l'eau de mer, mais le fer a un potentiel électrique plus élevé (une plus grande facilité à perdre des électrons). Ainsi, les boulons en fer perdent des électrons au profit du cuivre lorsqu'ils sont électriquement au contact dans l'eau de mer (l'eau de mer est un conducteur, elle ferme donc le

15 $V =$ vitesse (m/s) ; $g =$ gravitation ($9,8 \text{ m/s}^2$) ; $L =$ longueur de la coque (m). Lorsque les valeurs sont introduites dans l'équation de Froude, elles s'annulent, donnant un nombre qui sert à analyser des navires de toutes dimensions, ou à l'état de maquette.

16 William McEntee, « Variation of Frictional Resistance of Ships with Condition of Wetted Surface », *Transactions of the Society of Naval Architects and Marine Engineers*, n° 23, 1915, p. 37-42 ; R. L. Towsin, « The Ship Hull Fouling Penalty », *Biofouling*, n° 19, supp. 1, 2003, p. 9-15 ; Michael P. Schultz, « Effects of Coating Roughness and Biofouling on Ship Resistance and Powering », *Biofouling*, vol. 23, n° 5, 2007, p. 331-341.

17 Larrie D. Ferreiro, *Ships and Science, op. cit.*, p. 175. Merci à Alex Pollara pour son aide.

circuit électrique). Il en résulte que le fer, agissant comme une anode, s'oxyde et disparaît, tandis que le cuivre se renforce. Ce phénomène d'électrolyse est à l'origine de la corrosion observée là où le fer touche le cuivre du doublage.

Les mêmes officiers ont remarqué que là où le cuivre et le fer étaient séparés par du papier, la corrosion n'apparaissait pas tout de suite, phénomène qui était cependant de courte durée. Cela était dû au fait que le papier agissait initialement comme un isolant entre les deux métaux, arrêtant le flot d'électrons. Mais avec le temps, le papier saturé d'eau de mer s'usait et laissait les métaux se toucher. L'emploi de boulons de cuivre a été de quelque secours, mais les premiers alliages étaient trop fragiles et la mise au point d'un alliage assez résistant pour pouvoir remplacer le fer n'arriva pas avant la fin de la guerre¹⁸.

La solution à la corrosion par électrolyse, identifiée en 1824 par le chimiste britannique Humphrey Davy, fut de fixer à la coque des anodes de zinc qui seraient sacrifiées. Le zinc s'oxydant plus rapidement que le fer, ces blocs de zinc se corrodèrent à la place du fer. Cette solution est encore utilisée de nos jours dans la construction navale. Toutefois, il faut observer que même de nos jours, la corrosion due à l'électrolyse affecte les marines. À titre d'exemple, l'un des navires de défense côtière les plus récents, l'USS *Independence* LCS-2, a subi une corrosion galvanique entre sa coque en aluminium et ses hydrojets en acier inoxydable¹⁹.

LE DOUBLAGE DES NAVIRES DE GUERRE PENDANT LA GUERRE D'INDÉPENDANCE AMÉRICAINE

En 1775, la guerre d'Indépendance d'Amérique renouvela l'attention de la Navy sur le doublage des coques. Cette année-là, le *Hawke* revenait d'un voyage de six ans avec sa coque en bon état général, ce qui n'échappa pas à l'attention du premier lord de l'Amirauté, John Montagu, 4^e comte de Sandwich. Son attention s'était concentrée sur la lutte contre les rapides corsaires américains (la France et l'Espagne n'étaient pas encore entrées en guerre) et sa priorité fut donc de doubler les petits navires chargés de poursuivre les corsaires. En 1775 et 1776, un total de huit frégates, cutters et sloops armés furent doublés. En 1777, la marine rendit compte à l'Amirauté que l'approvisionnement en feuilles de cuivre était insuffisant pour doubler plus de navires²⁰.

18 Harold A. Saunders, *Hydrodynamics in Ship Design*, New York, SNAME, 1965, t. II, p. 101.

19 Une courte synthèse des procédés pour prévenir la corrosion est donnée par la Woods Hole Oceanographic Institution dans *Marine Fouling and its Prevention*, Annapolis, United States Naval Institute, 1952, p. 214-215.

20 Daniel Murtaugh, « LCS Corrosion No Serious Problem, U.S. Navy and Analysts Say », *Alabama Press-Register*, 5 juillet 2011.

Le problème de l'approvisionnement en cuivre fut résolu au moment même où la France entra en guerre. Le cuivre était extrait de mines situées en Cornouailles ou importé de Suède. En 1778, l'industriel britannique Thomas Williams (le « roi du cuivre ») fonda la Parys Mine Company, qui exploita les gisements récemment découverts à Anglesey, dans le pays de Galles et qui mit au point des procédés industriels pour exploiter le minerai, le fondre et fabriquer des feuilles de cuivre plus efficacement²¹. Même lorsque la Navy commença à commander des feuilles de cuivre à Williams, elle exigeait que les navires doublés fussent équipés de boulons, d'axes et de nervures d'un « métal mixte », terme qui signifiait un alliage fait de cuivre-zinc et d'autres métaux, plus solide que le cuivre pur, pour éviter la corrosion. Plusieurs types d'alliages furent testés, y compris celui mis au point par les industriels de Birmingham, James Keir et Matthew Boulton, mais tous furent affectés par le même phénomène : les alliages de cuivre sont beaucoup plus mous que le fer, et il était ainsi très difficile de visser les boulons longs et lourds (jusqu'à 300 mm de long et 30 mm de diamètre) dans les bois des coques sans les tordre ou les briser²². En 1778, 18 petits navires (de 32 canons ou moins) ont été doublés en utilisant des boulons et des fixations en alliage. La flotte d'Augustus Keppel à la bataille d'Ouessant comptait quatre frégates et plusieurs navires plus petits dont les coques étaient doublées²³.

Avec l'entrée en guerre de la France, de plus gros navires avaient besoin de doublage. Bien que plusieurs officiers, dont Keppel, aient demandé à l'Amirauté de commencer à doubler la flotte (et Sandwich en avait constaté de lui-même les effets bénéfiques), ce fut par les efforts renouvelés du nouveau contrôleur de la marine, Charles Middleton, 4^e baron Barham, que la totalité de la flotte britannique fut doublée en l'espace de trois ans. Middleton et Sandwich étaient tous deux préoccupés par l'utilisation de boulons en alliage de cuivre sur les grands vaisseaux de ligne. En janvier 1779, Middleton suggéra que les navires dotés de boulons en fer soient doublés sans risque de corrosion en recouvrant les têtes des boulons par une épaisse couche de papier à gargousse goudronné (un papier épais semblable à du carton). Cette solution permettait de doubler les navires en service sans avoir à retirer les boulons en place et évitait le risque d'avoir à utiliser des boulons en alliage sur les constructions nouvelles.

²¹ Randolph Cock, « At War with the Worm », art. cit., 2007, p. 19-22 ; Brian Lavery, *The Arming and Fitting of English Ships of War*, London, Conway Maritime Press, 1987, p. 62-65.

²² Voir John R. Harris, *The Copper King: A Biography of Thomas Williams of Llanidan*, Liverpool, Liverpool University Press, 1964.

²³ Richard Prosser, *Birmingham Inventors and Inventions*, Birmingham, The « Journal » Printing Works, 1881, p. 20-23, 118-128.

Sandwich autorisa ce nouveau processus sur deux navires qui serviraient d'expérimentation, mais Middleton était pressé²⁴.

Affirmant qu'ils pourraient « sans danger doubler les coques de tous les navires de la flotte », il assura que ce procédé donnait un tel avantage stratégique (le doublage de la flotte aurait les mêmes effets que son doublement qu'il serait de la plus haute imprudence de ne pas l'utiliser, le présent n'admettrait pas les retards). Sandwich et lui rendirent visite au roi pour lui expliquer les nouvelles techniques. Il en vit immédiatement les avantages et l'approuva. C'était un pari risqué, alors même que les premières expériences du nouveau système des protections en papier goudronné n'avaient même pas commencé.

Les ordres ont été donnés début 1779 de doubler la première tranche de cinq navires, y compris deux navires de ligne. À la fin de l'année, 48 navires de ligne devaient être doublés en même temps que plusieurs navires de moindre tonnage, et toutes les frégates qui entraient en réparation. Entretemps, des suppliques étaient émises par les flottes pour recevoir des navires doublés : « Pour l'amour de Dieu et du pays, envoyez des navires doublés pour relever ceux dont les coques sont salies et endommagées. Avec ces navires, tout est possible. Si vous ne le faites pas, il ne s'en suivra que misère et souffrance²⁵. »

Du bureau de Middleton fusèrent les ordres pour terminer le doublage aussi rapidement que possible, des instructions sur la bonne taille des feuilles (130 cm par 35) avec trois épaisseurs standard (entre 0,7 et 1 mm), des marchés passés aux industriels (six au total, la plupart autour de Londres), des indications logistiques (de nouveaux hangars à ajouter à Portsmouth) et d'innombrables autres détails.

La rapide industrialisation de la production de cuivre entraîna la chute brutale de son prix, mais l'importance de cette opération provoqua une contrainte considérable sur le budget. Entre 1779 et 1782, 331 vaisseaux, soit la quasi-totalité de la flotte, avaient été doublés pour un coût de 400 000 livres²⁶. Pour donner un ordre de grandeur, cela représenterait aujourd'hui pour l'Angleterre une dépense d'environ 3 milliards de livres, soit l'équivalent de trois destroyers de la classe *Daring* ou d'un porte-avions du type *Queen Elizabeth*²⁷.

La marine française avait laissé de côté le doublage pendant plusieurs années, jusqu'à ce que son intérêt fût ravivé par son tout premier engagement contre

24 John Earl of Sandwich, *The Private Papers of John, Earl of Sandwich, First Lord of the Admiralty, 1771-1782*, London, Navy Records Society, 1933, t. II, p. 109.

25 John E. Talbot, *The Pen and Ink Sailor: Charles Middleton and the King's Navy, 1778-1813*, London, Routledge, 1998, p. 45-59.

26 Young à Middleton, 28 avril 1780, *Letters and Papers of Charles, Lord Barham, Admiral of the Red Squadron, 1758-1813*, London, Navy Records Society, 1907, t. I, p. 55.

27 John Bingeman *et al.*, « Copper and other Sheathing in the Royal Navy », art. cit., p. 221-222 ; Randolph Cock, « At War with the Worm », art. cit., p. 21-22.

une flotte britannique, en juillet 1778. Plusieurs semaines avant la bataille d'Ouessant, Armand de Kersaint, commandant la frégate l'*Iphigénie*, captura le HMS *Lively*, navire britannique de moindre tonnage, et le ramena à Brest. Après avoir examiné ce navire, la marine ordonna que l'*Iphigénie* fût doublée de même que deux autres frégates. L'*Iphigénie* fit route vers les Caraïbes, et Kersaint éprouva les mêmes phénomènes de corrosion qu'auparavant. Suivant en cela les méthodes britanniques, il recommanda l'emploi de papier goudronné pour isoler les boulons en fer. Entretemps, un chimiste de Rouen nommé Louis-Guillaume de Lafolie proposa un vernis de sa composition pour éviter la corrosion²⁸.

50

Au moment où ses diverses méthodes de doublage étaient essayées, avec plus ou moins de succès, le secrétaire d'État de la Marine Antoine-Gabriel de Sartine tentait de trouver de nouvelles sources de cuivre à l'étranger, car la France avait peu de mines sur son territoire. La plus grande partie des approvisionnements devait être achetée à la Suède de Hambourg, puis transportée par mer, *via* Ostende, aux Pays-Bas (ce fut en partie pour couper la France de ses approvisionnements en cuivre que la Grande-Bretagne déclara la guerre aux Pays-Bas en 1780). Le doublage des navires français progressait rapidement, bien que moins rapidement qu'en Grande-Bretagne. Au Royaume-Uni la plupart des ports les plus importants étaient occupés au doublage tandis qu'en France, seul l'arsenal de Brest était équipé pour cela.

En 1780, seulement la moitié de la flotte envoyée aux Antilles était doublée, tandis que presque tous les navires de la flotte britannique qui y étaient envoyés étaient doublés. Ce n'est qu'après la fin de la guerre que la production industrielle commença pour de bon, ce qui permit de doubler une plus grande proportion de la flotte²⁹.

En Espagne, l'introduction du doublage commença plus tard et plus lentement qu'en Grande-Bretagne et qu'en France, en partie parce que l'Espagne était entrée en guerre plus tardivement. Le premier combat important entre la Grande-Bretagne et l'Espagne eut lieu à la bataille du cap Sainte-Marie (Cabo de Santa Maria) en janvier 1780 et ouvrit les yeux de l'Espagne sur les avantages du doublage. Au cours de cette bataille, la flotte de George Rodney dotée de navires doublés put dépasser et capturer l'escadre non doublée et plus réduite de Juan de Langara, qui tentait de fuir et se mettre à l'abri dans le port de Cadix.

²⁸ « How Much is That Worth? », <http://eh.net/hmit/>, consulté le 11 janvier 2018.

²⁹ Pierre Forfait, s. v. « Doublage », *Encyclopédie méthodique : Marine*, Paris, Panckoucke, 1787, t. II, p. 76-91 ; Jean Boudriot, *The History of the French Frigate*, op. cit., p. 152-153 ; Sylviane Llinares, *Marine, propulsion et technique*, op. cit., p. 129-132.

Il y avait alors peu de sites de production de cuivre en activité, principalement à Riopar, Algésiras et Rio Tinto dans le sud de l'Espagne³⁰. De petites quantités de cuivre venaient de mines situées en Espagne et au Chili, mais la plus grande partie du minerai devait être importée de Suède et de Hongrie. De ce fait, quand l'ordre royal (*real orden*) du 20 octobre 1780 fut donné de doubler les navires de guerre et de protéger les boulons avec du papier, seulement 12 frégates et sloops étaient terminés l'année suivante. Même avec l'emploi du papier, de nombreux navires connurent des phénomènes de corrosion des boulons en fer. À la fin de la guerre en 1783, seulement 10 % des navires étaient doublés, dont seulement sept navires de ligne. Comme en France, la production industrielle du cuivre ne commença qu'à la fin de la guerre³¹.

EXEMPLES DE NAVIRES ET DE COMBATS NAVALS POUR LESQUELS LE DOUBLAGE A CONFÉRÉ UN AVANTAGE TACTIQUE

Ainsi qu'il a été noté, le doublage fut un exemple précoce de multiplicateur de puissance, conférant un avantage stratégique en réduisant la fréquence des mises en cale sèche et de carénages pour nettoyer les coques des navires. Moins de navires hors service pour des réparations équivalait à plus de navires opérationnels, mais à moindre coût. Middleton estimait que le doublage accroissait le volume de la flotte d'un tiers³².

À la fin de la guerre, la Grande-Bretagne était supérieure en matière de navires doublés. Bien que cela ne compensât pas toujours la supériorité numérique des flottes française et espagnole lors de combats décisifs, ni ne réussit à atténuer l'opposition à la poursuite de la guerre de la part des politiques et du peuple, les avantages tactiques conférés par les navires doublés étaient évidents aux yeux de tous, ainsi que l'ont démontré un certain nombre d'engagements décisifs.

Le doublage donnait bien entendu des navires plus rapides ainsi que l'a noté le contre-amiral britannique Richard Kempenfelt : « La flotte la plus rapide a beaucoup d'avantages, car elle peut engager le combat ou non à volonté, et ainsi

30 *Ibid.*, p. 131-132; Jonathan Dull, *The French Navy and American Independence: A Study of Arms and Diplomacy, 1774-1787*, Princeton, Princeton University Press, 1975, p. 176.

31 Voir Juan Helguera Quijada, *La Industria Metalúrgica Experimental en el siglo XVIII : Las Reales Fabricas de San Juan de Alacaraz, 1772-1800*, Valladolid, Universidad de Valladolid, 1984.

32 Marina D. Alfonso Mola, « Técnica y economía : el forro del casco en las embarcaciones del Libre Comercio », dans José Luis Peset Reig (dir.), *Ciencia, Vida y Espacio en Iberoamérica*, Madrid, CSIC 1989, t. II, p. 73-102 ; Juan Torrejón Chaves, « Innovación tecnológica y metalurgia experimental : los forros de cobre en los buques de guerra españoles del siglo XVIII », dans *Arqueología industrial : actas de los IX Encuentros de Historia y Arqueología*, San Fernando, Ayuntamiento de San Fernando, 1993, p. 57-80 ; José María de Juan-García Aguado, *José Romero Fernández de Landa : un ingeniero de marina en el siglo XVIII*, A Coruña, Universidade da Coruña, 1998, p. 88-89 ; José María Blanco Nuñez, *La Armada española en el segundo mitad del siglo XVIII*, Madrid, Izar Construcciones Navales, 2004, p. 130-131.

avoir à leur disposition le choix du moment favorable pour attaquer³³. » Mais la description la plus précise et la plus éloquente des avantages du doublage, du point de vue d'un capitaine d'un navire, nous a été donnée en 1780 par une lettre du lieutenant Walter Young, alors commandant du HMS *Sandwich*, le navire-amiral de 90 canons de George Rodney dans les Caraïbes. Écrivant à son mentor, il dit avec enthousiasme :

Il m'est impossible de décrire les avantages dus au doublage qui sans aucun doute dépasse les attentes de tous. Les avantages pour les seules actions sur la barre sont immenses, car elle répond instantanément, et font virer les navires sur un tiers de la distance habituelle. Ils augmentent la vitesse dans toutes les situations, plus particulièrement par vents faibles à calmes, ce qui n'est pas un moindre avantage, dans cette région et toute région de beau temps.

Son effet le plus remarquable est observé, le navire navigant à l'allure du largue. Nous avons fréquemment envoyé le signal de former une ligne de bataille (tous les navires de l'escadre étaient rassemblés assez près de nous). Nous naviguions presque vent arrière, nos voiles hautes carguées, les basses voiles mises à contre (pour réduire la vitesse). Les navires sans doublage, même avec toutes leurs voiles déployées, n'ont pas été en mesure de se mettre en ordre de bataille, même au bout de six heures, et finalement durent y renoncer³⁴.

52

La description de Young coïncide avec nos connaissances modernes de l'hydrodynamique d'un navire. Il observe que pour une coque doublée, « l'avantage de l'action de la barre » découle du fait que, comme expliqué précédemment, l'écoulement de l'eau le long du safran est moins turbulent, de telle sorte que ses effets sur la distribution des pressions et donc sur le moment de giration sont plus importants. Il observe que le doublage « augmente la vitesse des navires dans toutes les situations, plus particulièrement par vents faibles », ce qui coïncide avec l'explication précédente selon laquelle la friction est la composante la plus importante de la résistance à l'avancement à faible vitesse.

Voici un échantillon, selon un ordre chronologique, d'actions de navires et de flottes au cours desquelles le doublage a accordé un avantage tactique :

Août 1779. Une invasion franco-espagnole de la Grande-Bretagne fut planifiée. Le 31 août, la flotte d'invasion, forte de 66 navires (la plupart dépourvus de doublage) sous le commandement de Louis Guillouet, comte d'Orvilliers et de

33 N. A. M. Rodger, *The Command of the Ocean. A Naval History of Britain, 1649-1815*, New York, Norton, 2004, p. 345.

34 Julian Stafford Corbett, *Some Principles of Maritime Strategy*, London, Longmans, Green & Co, 1918, p. 229.

Luis de Córdova y Córdova découvrit l'escadre britannique de 38 navires, tous doublés, sous le commandement de Charles Hardy. Hardy refusa la bataille, mais se servit de la vitesse supérieure de sa flotte doublée pour attirer la flotte d'invasion vers le port de Portsmouth, fortement défendu, où il mouilla en sûreté. La flotte combinée franco-espagnole, avec ses équipages malades, abandonna la poursuite et rentra au port³⁵.

Janvier 1780. Bataille du cap Saint-Vincent (Cabo de São Vicente). Quelquefois désignée sous le nom de bataille au Clair de Lune.

George Rodney avec 22 navires de ligne et 10 frégates escortait un convoi de 15 navires de transport pour lever le siège de Gibraltar, lorsqu'il rencontra l'escadre de 9 navires et de 2 frégates de Juan de Langara au sud du cap Saint-Vincent. Langara tenta de fuir la flotte britannique beaucoup plus importante en faisant route vers Cadix. Mais les navires britanniques, doublés, le rattrapèrent. Au cours d'une bataille continue, du milieu de l'après-midi jusqu'après minuit, les Britanniques capturèrent quatre navires espagnols, dont le navire amiral de Langara, le *Phénix*, et Langara lui-même fut fait prisonnier. Le convoi de Rodney continua sa route pour ravitailler Gibraltar et Minorque. Cette bataille, comme noté précédemment, ouvrit les yeux de la marine espagnole sur les avantages du doublage³⁶.

Rodney devint un chaud partisan du doublage. Il comprit qu'une flotte à moitié doublée ne pouvait naviguer qu'à la vitesse du navire le plus lent. « Pour forcer l'ennemi au combat, des navires doublés sont absolument nécessaires. Sans eux, nous n'aurions pu prendre un seul navire espagnol », écrivit-il de retour chez lui. « J'entends que vous demandez bruyamment des navires doublés, répondit Sandwich, et je suis pour cela déterminé à vous faire taire. Vous aurez assez de navires doublés. » Sandwich tint parole : à la fin de l'année, plus que la moitié de la flotte avait été doublée et l'année suivante, elle le fut presque entièrement³⁷.

Août 1780. Seconde bataille du cap Saint-Vincent, parfois désignée sous le nom de la bataille du 9 août 1780.

Une flotte combinée franco-espagnole a capturé 55 des 63 navires de commerce britanniques, un coup sévère porté à l'économie de la Grande-Bretagne. Le

35 Young à Middleton, 24 juillet 1780, *Letters and Papers of Charles, Lord Barham, Admiral of the Red Squadron, 1758-1813*, op. cit., t. I, p. 66-67.

36 Patrick Villiers, *Marine royale, corsaires et trafic dans l'Atlantique de Louis XIV à Louis XVI*, Dunkerque, SDHA, 1991, p. 579-580.

37 N. A. M. Rodger, *The Insatiable Earl: A Life of John Montagu, Fourth Earl of Sandwich, 1718-1792*, London, Harper & Collins, 1993, p. 296-297 ; Godfrey Mundy, *The Life and Correspondence of the Late Admiral Lord Rodney*, London, Murray, 1830, t. I, p. 297.

capitaine du navire le *Zélé* de 74 canons, Pierre André de Suffren, se plaignit qu'un navire et deux frégates se furent échappés, car ils étaient doublés, alors que son navire ne l'était pas. Il écrivit au ministre de la Marine, Sartine : « À la lumière de l'échappée d'un navire anglais et de ses deux frégates, je suis décidé à vous soumettre un mémorandum sur la nécessité de doubler nos navires et sur les moyens d'accélérer un processus qui donnera à l'État les plus grands profits. » Suffren argumente pour justifier la dépense et propose des solutions pour accélérer le processus. Sartine, toutefois, refusa d'accélérer le programme de doublage, en partie à cause de son coût extraordinairement élevé³⁸.

Mars 1781. La poursuite entre Des Touches et Arbuthnot à la bataille du cap Henry (ou première bataille de la Chesapeake).

54

George Washington avait demandé à Charles René Dominique Sochet, chevalier Des Touches, alors basé à Newport, dans le New Jersey, de faire voile vers la baie de la Chesapeake pour participer à une opération combinée avec l'armée continentale américaine (commandée par le marquis de La Fayette) pour s'opposer à l'armée britannique de Benedict Arnold opérant en Virginie. Des Touches fit voile avec huit navires (tous dépourvus de doublage à l'exception du sien, le *Neptune*), le soir du 8 mars, vers l'embouchure de la Chesapeake avec à son bord 1 200 soldats.

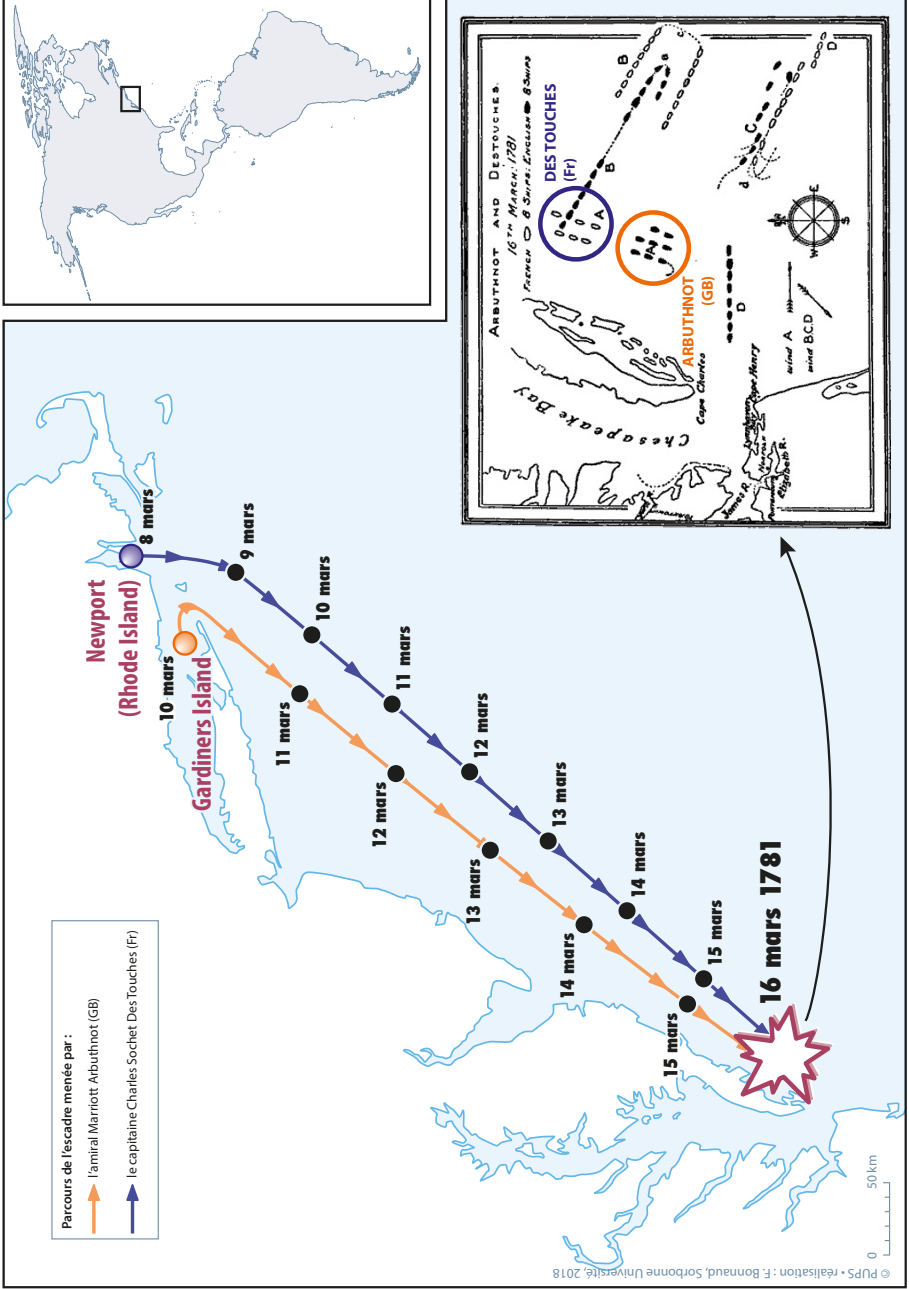
Entretemps, la flotte de Mariott Arbuthnot, mouillée à Gardiner's Bay, à Long Island, fut avertie que Des Touches préparait quelque chose, mais n'apprit son départ que le matin du 10 mars. Il mena immédiatement sa flotte de huit navires doublés autour de Montauk Point et dans l'Atlantique, à la poursuite de Des Touches, vers la Chesapeake. Cette poursuite donne la meilleure preuve de l'avantage tactique conféré par le doublage, car il mettait en jeu deux flottes, l'une doublée et l'autre non, navigant presque pour la même durée, selon des routes presque identiques, de ce fait rencontrant quasiment les mêmes conditions de force et de direction du vent, des vagues et des courants.

La figure montre tous les jours les positions approximatives des deux flottes durant la poursuite de huit jours³⁹. Bien que Des Touches bénéficiât d'une avance de 36 heures, ses navires dépourvus de doublage (le navire amiral doublé, le *Neptune*, devait naviguer à la vitesse du navire le plus lent) étaient considérablement plus lents que ceux d'Arbuthnot, doublés. Un calcul prenant

38 Patrick Villiers, *Marine royale, corsaires et trafic dans l'Atlantique de Louis XIV à Louis XVI*, op. cit., p. 557-559 ; « L'évasion du vaisseau [anglais] et de ses 2 frégates m'engage à vous adresser un mémoire sur la nécessité de doubler en cuivre, et sur les moyens d'accélérer une opération qui procurera à l'État les plus grands avantages. » (Charles Cunat, *L'Histoire de bailli de Suffren*, Rennes, Marteville, 1852, p. 43-44, 353-355.)

39 NOAA, *United States Coast Pilot – Distance Between United States Ports*, Washington DC, NOAA, 2012, 12^e édition.

Carte1. Mars 1781, Arbuthnot à la poursuite de Des Touches avant la première bataille de la Chesapeake



en considération les distances parcourues et le temps de parcours approximatif pour chaque flotte donne pour résultat une vitesse moyenne de 1,8 nœud pour Des Touches et 2 nœuds pour Arbuthnot. Ce qui signifie que les coques sales et non doublées de Des Touches avaient une résistance à l'avancement par friction double de celles, doublées, d'Arbuthnot⁴⁰.

56 L'avantage d'une vitesse supérieure lui permit de dépasser la flotte de Des Touches (sans la voir, à cause du brouillard) et d'arriver à l'embouchure de la Chesapeake un peu avant l'escadre française au matin du 16 mars. Après plusieurs heures de manœuvres, la bataille fut engagée et les deux flottes subirent des dégâts et des pertes, sans perdre un navire. Cependant, Arbuthnot contrôlait l'entrée de la Chesapeake au moment où les flottes se sont désengagées, faisant manquer son objectif à Des Touches. Il retourna à New York, tandis que Arbuthnot protégeait la baie pour l'arrivée de troupes terrestres supplémentaires destinées à renforcer Benedict Arnold⁴¹. Si toute la flotte de Des Touches avait été doublée (ou si celle d'Arbuthnot en avait été dépourvue), il serait arrivé sans encombre à la Chesapeake un jour plus tôt, en mesure de soutenir La Fayette face à Arnold.

Août 1781. La poursuite entre de Grasse et Hood à la bataille de la Chesapeake. Pour appuyer l'armée de George Washington et de Jean Baptiste Donatien de Vimeur, comte de Rochambeau, dans ses opérations à Yorktown contre Charles Earl Cornwallis, François Joseph Paul, comte de Grasse, mit à la voile le 5 août de Cap-Français à Saint-Domingue avec 24 vaisseaux de ligne dont 12 (parmi lesquels son navire amiral, la *Ville de Paris*) étaient alors doublés de cuivre, le reste ayant des surprotections en bois protégés par mailletage⁴². Après s'être approché d'abord de Cuba dont il reçut des fonds pour la campagne, de Grasse prit le canal des Bahamas, à l'écart des routes maritimes, pour éviter d'être repéré, et arriva à l'embouchure de la Chesapeake le 30 août.

Entretemps, Rodney, qui surveillait les mouvements de l'amiral de Grasse, mais sans connaître sa destination, détacha Samuel Hood avec 14 navires doublés partant d'Antigua. Levant l'ancre le 10 août, Hood arriva à la baie de la Chesapeake le 25 août. Trouvant la baie vide de tout navire français, il continua

40 Il est à noter que la vitesse de progression était la « vitesse par rapport au fond de la mer », ou « vitesse vraie » et non la « vitesse de la coque », qui est la vitesse de l'eau s'écoulant le long de la coque. Les deux flottes naviguaient à contre-courant du Gulf Stream ce qui réduisait leur vitesse. La vitesse d'écoulement de l'eau le long de la coque était probablement supérieure à 2 nœuds, ce qui augmentait les effets avantageux du doublage sur la résistance à l'avancement par la friction.

41 Alfred Thayer Mahan, *The Major Operations of the Navies in the War of American Independence*, New York, Little, Brown & Co, 1913, p. 170-175.

42 Alain Demerliac, *La Marine de Louis XVI. Nomenclature des Navires français de 1774 à 1792*, Nice, Éditions Omega, 1996.

sa route vers New York, où il arriva le 27 pour apprendre la réunion imminente entre les forces françaises et américaines dans la Chesapeake. Quelques jours plus tard, les flottes conjointes de 19 navires de Hood et de Thomas Graves firent route vers le sud à la rencontre de l'amiral de Grasse à la Chesapeake⁴³.

Ici, il est plus malaisé de déterminer les effets du doublage en cuivre sur le résultat de la bataille, en dehors de toute considération tactique. La moitié de la flotte française était doublée de cuivre, mais ces navires devaient naviguer à la même vitesse que les navires les plus lents de la flotte, qui étaient dépourvus de doublage. La flotte française mit plus longtemps à atteindre sa destination que la flotte britannique, et ce pour deux raisons distinctes : sa route était plus longue et plus tortueuse et la flotte britannique pouvait profiter du courant du Gulf Stream pour une grande partie de son trajet. Si l'amiral de Grasse était arrivé avant Hood, la bataille de la Chesapeake aurait eu lieu quelques jours plus tôt et avec moins de navires britanniques, mais en ce qui concerne le résultat final – une victoire française – cela aurait eu peu d'effet.

Avril 1782. La bataille des Saintes.

Après la bataille de la Chesapeake, les flottes françaises et britanniques retournèrent dans les Caraïbes. Le 9 avril 1782, l'amiral de Grasse mit à la voile avec 32 navires de ligne, dont 15 étaient doublés en cuivre, pour se joindre à une escadre espagnole en vue de prendre la Jamaïque, une position fortifiée britannique. De Grasse était poursuivi par la flotte de Rodney forte de 36 navires doublés de cuivre. Au matin du 12 avril, la navigation de l'amiral de Grasse fut stoppée par des vents contraires et par un petit groupe d'îles connu sous le nom de Saintes. Il fit demi-tour et fit route vers la flotte de Rodney.

Au moment où les deux flottes se croisaient et échangeaient des bordées, un soudain changement de vent fit ralentir le centre de la ligne et le sépara du reste de la flotte. Un intervalle s'ouvrit entre deux navires de 74 canons, doublés de cuivre, le *Sceptre* et le *Glorieux*. Le navire amiral de Rodney, le *Formidable*, tourna rapidement à tribord et coupa la ligne française, une manœuvre suivie par d'autres navires britanniques. Les Britanniques mettaient en œuvre diverses modifications apportées à leurs canons, qui leur donnaient une cadence de tir accrue, et employaient également un nouveau canon de gros calibre appelé caronade, qui permettait aux Britanniques d'infliger rapidement des dommages importants à la ligne française.

La bataille tourna vite à la déroute, Rodney capturant ou détruisant 5 navires français, y compris le navire amiral la *Ville de Paris* (de Grasse fut également

43 Alfred Thayer Mahan, *The Major Operations of the Navies in the War of American Independence*, op. cit, p. 176-181.

capturé). Quelques jours plus tard, deux navires français qui avaient échappé à la bataille furent rattrapés et capturés. Le débarquement à la Jamaïque fut annulé⁴⁴.

Comme pour la bataille de la Chesapeake, il est difficile de déterminer les effets précis qu'eut le doublage en cuivre sur les résultats de cette bataille, car de nombreux facteurs (comme les progrès de l'artillerie) sont entrés en jeu. D'une manière certaine, l'avantage le plus important du doublage n'était pas tant l'amélioration de la vitesse, mais l'amélioration de la manœuvrabilité. Les navires britanniques étaient capables de virer quand les capitaines ordonnaient de couper la ligne française.

58

Cette observation fut étayée par des affirmations de Sandwich, s'appuyant sur des lettres interceptées de l'amiral de Grasse, qui attribuait cette défaite à l'amélioration de la manœuvrabilité des navires de Hood, conférée par le doublage : « L'amiral de Grasse écrit expressément qu'il aurait pu écraser la flotte de Hood s'il avait eu des navires doublés qui lui auraient permis de manœuvrer de la manière la plus adéquate et de prendre tout avantage du vent ou de la météorologie pour éviter un combat s'il l'avait jugé opportun de le faire. » Toutefois, les récriminations de l'amiral de Grasse concernant le doublage ont été sans doute plus une excuse pour de mauvaises décisions tactiques pendant la bataille que la cause réelle de sa défaite⁴⁵.

Octobre 1782. Bataille du cap Spartel.

Même si la guerre d'Indépendance américaine diminuait d'intensité en Amérique du Nord, le conflit était encore intense autour de Gibraltar. Au début d'octobre 1782, un convoi sous le commandement de Richard Howe avait réussi à éviter le blocus franco-espagnol et à ravitailler la garnison britannique. Le 17 octobre, les 35 navires de ligne doublés de cuivre de Howe quittèrent Gibraltar et le 20 il fut repéré par la flotte combinée de Cordova y Cordova. Celui-ci avait 46 navires de ligne au total, et bien que certains aient été récemment doublés de cuivre (comme son navire amiral, la *Santísima Trinidad*) la plupart n'étaient pas doublés. Cordova ordonna la chasse générale et approcha lentement de la flotte britannique, sans se soucier de former une ligne de bataille.

Howe fut en mesure de maintenir sa formation de combat, et quand les flottes se rencontrèrent tard dans l'après-midi, le commandant ordonna la retraite

⁴⁴ Karl Gustaf Tonquist, *The Naval Campaigns of Count de Grasse during the American Revolution, 1781-1783*, Philadelphia, Swedish Colonial Society, 1942, p. 87-108 ; Alain Demerliac, *La Marine de Louis XVI, op. cit.*, p. 15.

⁴⁵ John Earl of Sandwich, *The Private Papers of John, Earl of Sandwich: First Lord of the Admiralty, 1771-1782*, London, Navy Records Society, 1938, t. IV, p. 286 ; Patrick Villiers, *Marine royale, corsaires et trafic dans l'Atlantique de Louis XIV à Louis XVI, op. cit.*, 1991, p. 600-603.

générale plutôt que d'affronter une force très supérieure. Ses navires doublés furent en mesure de s'éloigner de la flotte espagnole à la tombée de la nuit, et au lever du jour, la flotte franco-espagnole était 12 miles derrière lui. Cordova attribua la lenteur de ses navires à ses coques sales, faute de doublage. Il en résulta que la marine espagnole créa une commission pour examiner les moyens de rendre ses navires plus rapides. Son rapport, rendu en mars 1783, après la guerre, établit que « les navires non doublés ne sont d'aucune valeur⁴⁶ ».

Le doublage de cuivre, tout en accordant de grands avantages tactiques pendant la guerre d'Indépendance d'Amérique, avait aussi son prix. Ainsi que l'observe l'historien naval Nicholas Rodger, « le cuivre permettait de conduire les navires pendant des mois, des années à la mer », mais les navires ne peuvent naviguer sans les hommes, et eux aussi étaient menés beaucoup plus durement que nécessaire ou possible auparavant⁴⁷.

Les ouvriers des chantiers navals étaient eux aussi confrontés à une difficulté nouvelle qui exigeait plus de temps et d'efforts : la corrosion par électrolyse n'avait pas été maîtrisée, même par l'usage généralisé du papier goudronné et par l'emploi de composants particuliers pour protéger les boulons, éléments vitaux pour le maintien des navires. Les effets devenaient évidents comme les navires revenaient au port après plusieurs années passées à la mer. En France, par exemple le 64 canons l'*Éveillé*, doublé en 1780, fut examiné de nouveau deux ans plus tard et jugé « pourri⁴⁸ ». Un constructeur naval français rapporte les dégâts en détail :

Tous les navires revenus dans les ports du roi à la fin des hostilités ont été soigneusement inspectés. Il fut impossible de ne pas être effrayé à la vue des effets destructifs du cuivre sur les ferrures de quelque sorte qu'elles soient. Après deux ou trois ans, tous les clous et les chevilles ont été trouvés corrodés, le mastic dont ils avaient été recouverts totalement dissous, l'eau de mer s'était infiltrée entre le fer et le bois, coupé le métal, et en maints endroits, réduit sa résistance de moitié⁴⁹.

46 José María Blanco Nuñez, *La Armada española en el segundo mitad del siglo XVIII*, op. cit., 2004, p. 162-163 ; « *Navío que no se forre de cobre no vale nada.* » (Juan-García Aguado, *José Romero Fernández de Landa : un ingeniero de marina en el siglo XVIII*, op. cit., p. 188.)

47 N. A. M. Rodger, *The Insatiable Earl*, op. cit., p. 298.

48 Alain Demerliac, *La Marine de Louis XVI*, op. cit., p. 19

49 « Tous les vaisseaux rentrés dans les ports du roi, depuis la cessation des hostilités, ont été visités avec la plus grande exactitude ; on n'a pu voir sans effroi, les effets destructeurs du vert-de-gris sur les ferrures de toute espèce ; tous les clous, toutes les chevilles, après deux ou trois ans, se sont trouvés corrodés ; le mastic de vitrier dont on les avait couverts était totalement dissout ; l'eau de mer s'était insinuée entre le fer & le bois, elle avait sillonné le métal &, dans bien des endroits, l'avait réduit moitié de la force première. » (Pierre Forfait, s. v. « Doublage », art. cit., p. 80.)

La corrosion par électrolyse fit plus qu'augmenter la charge de travail des chantiers navals. À plusieurs reprises, ils furent accusés d'avoir fait perdre des navires et leurs équipages. En août 1782, le navire amiral de 100 canons de Richard Kempfenfelt, était en cours de carénage à Spithead pour nettoyer sa coque doublée quand il chavira brusquement, noyant 900 hommes, dont Kempfenfelt lui-même. Un mois plus tard, une flotte de navires sous le commandement de Thomas Graves – les uns britanniques et les autres de prise française – subit le passage d'un très gros ouragan au large de Terre-Neuve. Beaucoup de navires doublés, dont la *Ville de Paris*, le *Centaure* et le *Glorieux*, chavirèrent et coulèrent, emportant avec eux 3 500 hommes. À chaque fois, on soupçonna que les coques avaient été fragilisées par la corrosion des ferrures qui fut donc en partie tenue responsable des pertes. Si cela était vrai (et la preuve est loin d'être établie), le doublage en cuivre aurait été responsable de plus de pertes britanniques que de victoires durant la guerre d'Indépendance d'Amérique⁵⁰.

60

GÉNÉRALISATION DU DOUBLAGE DE CUIVRE APRÈS LA GUERRE D'INDÉPENDANCE AMÉRICAINE

En Grande-Bretagne, les effets nuisibles du programme de doublage mis en œuvre de 1779 à 1782 commencèrent à se faire sentir peu après la fin de la guerre, en 1783. Par un heureux hasard, les opérations navales avaient pris fin, ce qui permit à l'Amirauté de rechercher une solution. En juillet 1783, fut adopté un moratoire du doublage jusqu'à ce que la commission Middleton eût rendu son rapport. En novembre Middleton proposa dans ce texte d'employer des boulons de cuivre au lieu de boulons de fer. Le cuivre pur était trop fragile, ainsi qu'observé précédemment, d'où la recherche d'un alliage adapté. Après que l'alliage produit par la société Keir & Bolton se fût révélé insatisfaisant, un procédé nouveau de formage à froid mis au point par William Forbes procura des boulons, des clous et d'autres moyens de fixation dotés de la résistance et de la dureté voulues.

Les techniques de fonte de l'alliage et de fabrication ont été améliorés par la suite, de telle sorte qu'au moment où les navires de guerre britanniques furent engagés dans les guerres napoléoniennes en 1793, pratiquement tous étaient doublés par des fixations en cuivre⁵¹. En France, le manque de capacités industrielles de fabrication de plaques de cuivre se fit sentir bien avant la fin de la guerre. En 1782, un industriel de talent nommé Michel Louis Le Camus de Limare, en coopération avec son collègue espagnol Eugenio Izquierdo

50 Robert Gardiner, *Navies and the American Revolution*, Annapolis, Naval Institute Press, 1996, p. 170-179 ; John R. Harris, « Copper and Shipping in the Eighteenth Century », art. cit., p. 554.

51 Randolph Cock, « At War with the Worm », art. cit., p. 25-27

de Riveray Lazaún, et avec l'assistance de la marine française, créa une fonderie de cuivre à Romilly-sur-Andelle, en Haute-Normandie. Le Camus avait fréquemment visité les fonderies britanniques et parvint à ramener en France, en plus de secrets industriels, des ouvriers qualifiés pour travailler dans ses manufactures. En 1785, Armand de Kersaint visita de nombreux chantiers navals britanniques (18 mois à peine après la fin de la guerre) et fit connaître la technique de la fixation par des boulons de cuivre, lesquels furent fabriqués peu après à Romilly. Par la suite, les navires français furent doublés au moment de leur construction. La manufacture de Romilly devint le principal fournisseur de plaques et de boulons pour la marine, jusqu'au XIX^e siècle⁵².

La production à grande échelle de cuivre ne fut effective qu'en 1791 avec la création de la Real Fabrica de Cobre de Xuvia (Jubia) près du Ferrol. La manufacture royale a été fondée à la requête de la marine par Eugenio Izquierdo qui avait acquis ses connaissances en matière de production de cuivre en France avec Camus. Il devait devenir rapidement le premier directeur du musée d'Histoire naturelle de Madrid. Il passa un contrat avec l'industriel britannique Thomas Wilkinson pour importer de Grande-Bretagne des techniciens, des outils et la technologie. En 1798 la manufacture produisit des plaques et des fixations de cuivre pour toute la flotte espagnole⁵³.

La technique du doublage se répandait déjà dans d'autres nations. Les premiers grands navires des États-Unis d'Amérique, en commençant par l'USS *Constitution*, étaient doublés. Les propriétaires privés de navires marchands entrevirent les avantages du doublage, en dépit du coût d'investissement et de son entretien. Au début du XIX^e siècle, l'expression *doublé de cuivre* était devenue synonyme de « bon et sûr investissement ». En 1824, comme indiqué supra, Humphrey Davy inventa l'usage d'anodes en zinc pour protéger les coques, ce qui étendit l'usage du doublage. Cette pratique coïncida avec l'avènement de coques en fer, qui commencèrent à remplacer le bois et à devenir le nouveau standard dans la construction navale.

Même avec des anodes en zinc il fut impossible, à cause de la corrosion, de fixer des plaques de cuivre directement sur des coques en fer, et pendant de nombreuses années on ne trouva pas de peinture ou d'autres revêtements susceptibles de réduire la salissure sur les coques en fer. C'est pourquoi de nombreux chantiers navals et de propriétaires de navires continuèrent à fabriquer des navires en bois, et plus tard, des navires composites, dotés d'une

52 John R. Harris, *Industrial Espionage and Technology Transfer*, op. cit., 1998, p. 270-273 ; Sylviane Llinares, *Marine, propulsion et technique*, op. cit., p. 132-134.

53 Juan Torrejón Chaves, « Innovación tecnológica y metalurgia experimental », art. cit. ; voir aussi María Ángeles Calatayud Arinero, *Eugenio Izquierdo de Rivera y Lazaún (1745-1813). Científico y político en la sombra*, Madrid, CSIC, 2009.

armature en fer et de parois en bois pour prolonger l'usage du doublage. Ce procédé était si efficace, qu'on continua à fabriquer et à armer des navires en bois bien après que les navires à coque en fer et propulsés par la machine à vapeur eurent dominé le marché.

Au ^{xx}e siècle, ce phénomène a été appelé « l'effet navire à voiles », c'est-à-dire le retour aux vieilles technologies pour « combattre » les récentes améliorations. Pour les navires à voiles, le doublage était leur meilleure arme⁵⁴.

*

**

62

Le doublage en cuivre a d'abord été introduit dans la marine britannique en 1708, par des fabricants de cuivre comme solution à un problème. Ce n'est qu'en 1761 qu'il a été essayé en tant que moyen de protection des coques contre les tarets, qui dévoraient le bois des coques avec une rapidité inquiétante. Lorsque les expérimentations initiales ont montré que ce procédé était efficace contre les tarets et la salissure des coques, la Grande-Bretagne puis la France ont adopté le doublage. La corrosion par électrolyse en a arrêté l'usage jusqu'à la guerre d'Indépendance d'Amérique. Pendant cette guerre, les trois marines les plus importantes, celles de la Grande-Bretagne, de la France et de l'Espagne ont adopté le doublage à des degrés variables.

La Grande-Bretagne a été la plus en pointe, menant un programme pour résoudre les effets de la corrosion et doubler la totalité de la flotte. La France et l'Espagne ont été contraintes par le manque de crédits et de capacités industrielles. Lors de plusieurs combats navals, le doublage a conféré des avantages tactiques importants aux Britanniques. Lors de la course vers la Chesapeake entre Des Touches et Arbuthnot en mars 1781, le doublage a permis aux navires britanniques de dépasser la flotte française et de l'empêcher de pénétrer dans la baie pour renforcer les troupes américaines. Au cours de la bataille des Saintes, en avril 1782, les navires doublés de Rodney répondaient rapidement à la barre pour couper la ligne française, et il en résulta une grande victoire pour la Grande-Bretagne. En novembre 1782, Howe fit bon usage de son avantage en matière de vitesse, du fait du doublage, pour éviter la bataille et mettre sa flotte en sûreté.

Après la guerre, toutes les marines ont amélioré leurs procédés industriels de doublage, pas seulement pour les navires de guerre, mais aussi pour les navires marchands. Le doublage a permis de conserver en service des navires à voiles

54 Sandro Mendonça, « The "Sailing Ship Effect": Reassessing History as a Source of Insights on Technical change », *Research Policy*, vol. 42, n° 10, 2013.

bien après l'introduction de coques en fer, puis en acier, qui aurait dû provoquer leur disparition. Bien des fonderies de cuivre, comme celle de Romilly et de Xuvia, ont été fermées à la fin du XIX^e siècle ou au début du XX^e, par suite de la chute de la demande de doublage des coques en cuivre.

De nos jours, le doublage a pratiquement disparu en tant que moyen de protection contre la salissure des coques, bien que de nombreuses peintures marines continuent à intégrer un composant cuivreux comme l'antifouling. Aujourd'hui, les avancées de la science dans le domaine de l'hydrodynamique, y compris dans celui des revêtements antifouling permettent aux navires d'accroître leur vitesse et leur manœuvrabilité. La plupart de ces avancées sont développées et essayées dans des grands bassins d'essais, comme le bassin des essais des carènes, de la Délégation générale pour l'armement (DGA) situé au Val-de-Reuil, en Normandie, à vue de l'ancienne fonderie de Romilly.

J'attribue le mot de la fin à Victor Hugo, qui vécut au moment de la transition entre la marine en bois et celle en fer. Hugo était un amoureux de la première et déçu par la seconde. Dans son roman *Les Misérables*, il exprime sa nostalgie pour l'ère de la marine en bois, que le doublage a permis de prolonger :

Un vaisseau de ligne est composé à la fois de ce qu'il y a de plus lourd et de ce qu'il y a de plus léger, parce qu'il a affaire en même temps aux trois formes de la substance, au solide, au liquide, au fluide, et qu'il doit lutter contre toutes les trois. Il a onze griffes de fer pour saisir le granit au fond de la mer, et plus d'ailes et plus d'antennes que la bigaille pour prendre le vent dans les nuées.

Son haleine sort par ses cent vingt canons comme par des clairons énormes, et répond fièrement à la foudre.

L'océan cherche à l'égarer dans l'effrayante similitude de ses vagues, mais le vaisseau a son âme, sa boussole, qui le conseille et lui montre toujours le nord. Dans les nuits noires ses fanaux suppléent aux étoiles. Ainsi, contre le vent il a la corde et la toile, contre l'eau le bois, contre le rocher le fer, le cuivre et le plomb, contre l'ombre la lumière, contre l'immensité une aiguille⁵⁵.

55 Victor Hugo, *Les Misérables*, Paris, Hetzel et Lacroix, 1866, p. 205.

ANNEXE

Le doublage n'est pas en cause dans l'affaire de l'attaque malheureuse du *Turtle* de Bushnell contre le HMS *Eagle* en 1776. Quelles sont donc les causes de cet échec ?

Un des mythes les plus connus de la guerre d'Indépendance d'Amérique est l'attaque du sous-marin *Turtle*, commandé par David Bushnell, contre le navire amiral HMS *Eagle* commandé par Richard Howe dans le port de New York dans la nuit du 6 au 7 septembre 1776. Bushnell n'a pas réussi à fixer la mine à la coque du navire ennemi car la vis en bois n'a pas pu pénétrer dans la coque doublée de cuivre. Comme il a été écrit plus haut, la marine britannique n'a commencé le doublage de ses navires les plus importants qu'après 1779. L'*Eagle* n'était pas doublé de cuivre au moment de l'attaque et ne l'a été qu'à la fin de la guerre⁵⁶. Quelle a donc été la cause de cet échec ?

64

En 1993 et en 2003, deux projets distincts ont produit des répliques du *Turtle*, ce qui a permis de collecter des informations qui servent à la conclusion exposée ci-après⁵⁷. Le *Turtle* était un sous-marin construit en chêne d'environ 3 000 kg en plongée. Il emportait environ 2 000 kg de lest afin de le faire flotter à 20 cm au-dessus de la surface. En ajoutant environ 50 kg de lest additionnel, de l'eau de mer, on le faisait passer en plongée, avec une flottabilité neutre. Le *Turtle* emportait une mine flottante que le pilote devait attacher à la coque du navire avec une vis en bois. Cette vis était ensuite séparée du sous-marin, laissant la mine fixée au navire par un cordage. Une mise à feu à retardement faisait exploser la mine 20 à 30 minutes plus tard, une fois le *Turtle* parvenu à une distance de sécurité.

Dans la nuit du 6 au 7 septembre, le pilote du *Turtle*, Ezra Lee, s'approcha du HMS *Eagle* par l'arrière. Il explique cette manœuvre dans une lettre écrite en 1815 à David Humphrey, un ami de Bushnell :

56 Lorsque François Étienne de Rosily-Mesros visita le HMS *Eagle* dans son bassin à Woolwich en 1775 (voir note 10), il ne rapporta pas que le navire avait été doublé de cuivre alors même qu'il était alerté sur ce point. De plus, nous savons que le HMS *Eagle* fut doublé à Bombay entre 1782 et 1783. J'adresse mes remerciements à Robert Gardiner pour cette information.

57 La première réplique fut construite au Massachusetts College of Arts en 1993 et testée au bassin des carènes de l'École navale des États-Unis. J'adresse mes remerciements aux chercheurs James Vandervoort, Douglas Raineault, Richard Schoenwiesner et Lew Nuckols pour m'avoir fourni les données originales des essais. La seconde réplique a été construite à la Old Saybrook High School, dans le Connecticut, en 2003, et a fait l'objet d'une publication : *Turtle: David Bushnell's Revolutionary Vessel* (Yardley, Westholme, 2010), par Roy Manstan et Frederic Frese. J'adresse mes remerciements à Roy Manstan pour les données originales des tests, ainsi qu'à Francisco Fernández González de l'Universidad Politécnica de Madrid pour ses explications sur les procédés de perçage du bois.

Lorsque j'étais sous l'arrière du navire, je pouvais voir les marins sur le pont et les entendre parler. Puis j'ai fermé toutes les écoutes, plongé et suis parvenu sous la quille du bateau. Je suis remonté avec la vis contre la quille, mais je découvris qu'elle ne pouvait pas pénétrer la coque. Je me suis déplacé le long de la quille pour trouver un autre endroit, mais je fus dévié un peu sur un côté et j'ai brutalement fait surface.

Une des origines de ce mythe réside dans une annotation manuscrite de Humphrey sur le compte-rendu de Lee qui affirmait, sans raison : « La raison pour laquelle la vis n'a pas pénétré la quille tient au doublage en cuivre du navire. » Bushnell écrivit à Jefferson en 1787, quelques années plus tard, une relation de cette attaque manquée. Il imagine que la vis en bois « a porté contre une ferrure qui passe sous les gonds du gouvernail ».

Ni le doublage ni la ferrure ne sont la cause de l'échec. Le navire n'était pas doublé et Lee a probablement placé son submersible à l'écart du gouvernail, plutôt sous la partie plate de la quille et en son milieu, là où la vis verticale en bois devait pénétrer.

On peut envisager deux raisons pour lesquelles la vis n'a pu pénétrer dans la coque en bois.

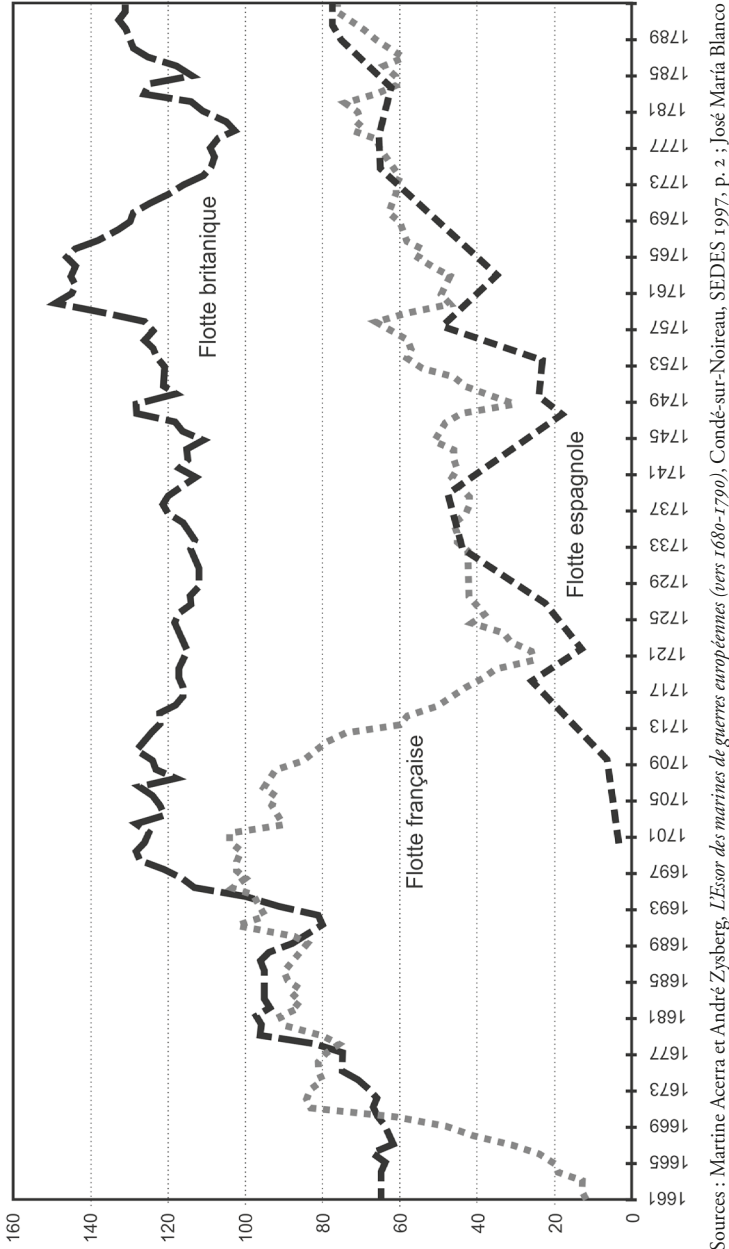
1. Comme décrit supra, avant le doublage en cuivre, les coques des navires de guerre étaient protégées par une surprotection en bois de pin ou en autre bois tendre, garnie de clous à large tête (il s'agit du « maillage » des coques) densément groupés. Il est très probable que la vis en bois du *Turtle* ait porté contre ces têtes de clou et n'a pu y pénétrer.

2. Même si la vis en bois avait porté contre la surprotection, le *Turtle* n'avait pas suffisamment de poussée verticale pour faire pénétrer la vis dans le bois. Comme décrit plus haut, il fallait au submersible 50 kg de lest supplémentaire d'eau de mer pour le faire passer de la surface à la plongée, avec une flottabilité neutre. En conséquence, si le pilote évacuait toute l'eau de mer dans le ballast, il obtenait au maximum une poussée verticale de 50 kg pour pousser la vis en bois dans la coque. Toutefois, une vis en bois nécessite une poussée d'environ 156 livres (environ 70 kg) pour pénétrer dans une surprotection en bois de pin⁵⁸, soit plus que la poussée verticale maximum que pouvait exercer le *Turtle*. À chaque tentative, le submersible s'éloignait vivement de la coque. En conclusion, l'arme secrète de Bushnell n'avait aucune chance de succès, que le navire ennemi fût doublé ou pas.

58 George Woodson et Charles McMillin, « Boring Deep Holes in Southern Pine », *Forest Products Journal*, vol. 22, n° 4, 1972, p. 49-53.

Annexes

Graphique 1. Flottes de guerre de la Grande-Bretagne, de la France et de l'Espagne (vaisseaux seuls)



Sources : Martine Acerra et André Zysberg, *L'Esor des marines de guerres européennes (vers 1680-1790)*, Condé-sur-Noireau, SEDES 1997, p. 2 ; José María Blanco Núñez, *La Armada española en la primera mitad del siglo XVIII*, Barcelona, Izar Construcciones Navales SA, 2001, p. 138.

CHRONOLOGIE MARITIME (1763-1783)

1763

10 février : traité de Paris. Perte du Canada, restitution de Minorque à la Grande-Bretagne. L'Espagne perd la Floride et est ensuite dédommée par la Louisiane française.

1764

Voyage de Byron (jusqu'en 1766).

Bougainville installe des colons malouins aux îles dites Malouines et fonde Fort-Saint-Louis.

Expédition britannique aux Malouines / Falklands et fondation de Port Egmont.

Bellin publie son *Petit atlas maritime*.

1765

Octobre : ouverture des îles espagnoles des Caraïbes au commerce depuis sept ports espagnols en plus de Cadix dont le monopole est écorné.

1766

Choiseul Praslin, secrétaire d'État de la Marine.

15 novembre : Bougainville appareille pour son grand voyage (jusqu'en 1768). début du tour du monde de Wallis et Carteret (jusqu'en 1768).

1767

Bougainville revient aux Malouines pour évacuer les colons français.

1768

15 mai : traité de Versailles, la France reçoit de la république de Gênes l'exercice de la souveraineté sur la Corse.

25 mai : Cook commence son premier voyage vers le Pacifique (jusqu'en 1771).

1769

13 août : le privilège de la Compagnie française des Indes est suspendu.
Bigot de Morogues réorganise l'Académie de marine qui devient Académie royale de marine.
Falconer publie son *Universal Dictionary of Marine*.

1770

Juin : crise des Malouines entre l'Espagne et l'Angleterre : partie du Rio de la Plata, une petite escadre espagnole réunie par le gouverneur de Buenos Aires s'empare de Port Egmont et chasse les Britanniques.
5 juillet : les Russes sont victorieux des Turcs à Tchesmé.
24 décembre : Louis XV disgracie Choiseul qu'il croit vouloir engager la France dans une guerre aux côtés de l'Espagne dans l'affaire des Malouines

432

1771

22 janvier : l'Espagne désavoue le gouverneur de Buenos Aires mais maintient le principe de sa souveraineté sur les Malouines.
septembre : les Britanniques se réinstallent à Port Egmont.

1772

28 mai : escadre d'évolution française confiée à d'Orvilliers.
début du deuxième voyage de Cook.

1773

16 décembre : Boston Tea Party.

1774

mai : les Britanniques évacuent Port Egmont. Il n'y a désormais plus personne aux Malouines / Falklands.
21 juillet : Vergennes, secrétaire d'État des Affaires étrangères.
24 août : Sartine, secrétaire d'État de la Marine.
5 septembre : le Congrès continental se réunit à Philadelphie.

1775

19 avril : début des combats entre troupes anglaises et miliciens américains.
10 mai, deuxième Congrès continental.
1^{er} juin : appareillage de l'escadre d'évolution de Guichen.
Juin : échec du débarquement espagnol à Alger.
23 août : George III déclare les colonies et plantations d'Amérique en état de rébellion.

13 octobre : le Congrès continental décide d'armer deux navires.
1^{er} novembre : le Massachusetts est le premier État à autoriser les corsaires.
Invasion portugaise du Rio Grande do Sul.

1776

17 mars : les Britanniques évacuent Boston et installent leur base navale à Halifax.
Avril : départ de l'escadre d'évolution de Du Chaffault.
2 mai : la France décide d'aider secrètement les Américains.
4 juillet : déclaration d'indépendance des États-Unis d'Amérique.
15 septembre : débarquement britannique à New York.
Novembre : l'expédition de Don Pedro de Cevallos quitte Cadix pour reprendre le Rio de la Plata.
16 novembre : les autorités coloniales hollandaises de Saint-Eustache saluent le pavillon américain. Elles ont ensuite nié l'avoir fait.
Début du troisième voyage de Cook.

1777

21 mai : la petite escadre américaine de Manley quitte Boston.
22 août : décision de mettre la Navy sur le pied de guerre face à la France.
27 août : prise de Philadelphie par les Britanniques.
1^{er} octobre : accord hispano-portugais sur les frontières en Amérique du Sud.
17 octobre : le général Burgoyne capitule à Saratoga.
Don Pedro de Cevallos reprend le Rio Grande do Sul et détruit la colonie du Sacramento.

1778

6 février : traité d'alliance franco-américain.
14 février, en baie de Quiberon, La Motte-Picquet salue le pavillon des États-Unis arboré par le *Ranger* de John Paul Jones.
1^{er} mars : traité d'amitié et de commerce entre Espagne et Portugal.
13 avril : l'amiral d'Estaing quitte Toulon.
9 juin : l'amiral Byron part d'Angleterre.
18 juin : combat de la *Belle Poule* contre l'*Arethusa*.
7 juillet : d'Estaing parvient au Delaware.
22 juillet : d'Estaing renonce à s'attaquer à New York.
27 juillet : bataille d'Ouessant (d'Orvilliers contre Keppel).
8 août : d'Estaing attaque Rhode Island.
10 août : combat entre Tronjoly et Vernon devant Pondichéry.
7 septembre : Bouillé s'empare de la Dominique.

433

- 12 octobre : fin du monopole de Cadix et ouverture du commerce libre entre les principaux ports d'Espagne et l'Amérique espagnole.
- 18 octobre : prise de Pondichéry par les Britanniques.
- 20 octobre : combat du cap Ortégal.
- 4 novembre : d'Estaing quitte Boston pour la Martinique.
- 13 décembre : prise de Sainte-Lucie par les Britanniques.
- 15 décembre : Barrington tient d'Estaing en échec à Sainte-Lucie.

1779

434

- 30 janvier : les Français reprennent le comptoir de Saint-Louis du Sénégal.
- 14 avril : traité d'Aranjuez entre les deux monarchies Bourbon de France et d'Espagne.
- 16 juin : Charles III d'Espagne déclare la guerre à George III.
- 20 juin : d'Estaing prend Saint-Vincent.
- 24 juin début du siège de Gibraltar.
- 6 juillet : bataille de la Grenade.
- 14 août : les Britanniques victorieux d'une petite escadre américaine dans le fleuve Penobscot.
- 16 août : la flotte franco-espagnole de l'amiral d'Orvilliers s'approche de Plymouth.
- 31 août : abandon du projet de descente en Angleterre.
- 23 septembre : combat de Flamborough Head, le *Bonhomme Richard* du capitaine John Paul Jones capture la *Serapis*.
- 6 octobre : Du Couédic livre près d'Ouessant le combat de la *Surveillante* contre le *Québec* qui explose.
- 9 octobre : d'Estaing échoue devant Savannah.
- 18 décembre : escarmouches devant la Martinique entre La Motte-Picquet et Hyde Parker.
- 30 décembre : le convoi hollandais de l'amiral Bylandt est dérouté à Portsmouth sous la contrainte.

1780

- 16 janvier : bataille dite au Clair de Lune entre Britanniques et Espagnols.
- 3 février : Guichen appareille de Brest.
- 10 mars : la Russie se déclare en état de « neutralité armée ».
- 14 mars : prise de Mobile par les Espagnols.
- 17 avril : Rodney et Guichen s'affrontent devant la Martinique.
- 2 mai : Ternay appareille de Brest avec le corps expéditionnaire français (Rochambeau) pour l'Amérique.
- 12 mai : les Britanniques s'emparent de Charleston.

- 15 mai : combat entre Rodney et Guichen.
- 19 mai : nouveau combat entre Rodney et Guichen.
- 11 juillet Rochambeau arrive à Newport.
- 9 août : l'amiral espagnol Córdova s'empare vers les Açores d'un convoi britannique à destination des Indes occidentales.
- 14 septembre : Rodney arrive à Sandy Hook.
- 13 octobre : Castries secrétaire d'État de la Marine.
- 8 décembre : les Britanniques vainqueurs de la flotte de Mysore devant Bangalore.
- 20 décembre : George III déclare la guerre aux Provinces-Unies.

1781

- 6 janvier : échec de l'attaque française contre Jersey.
- 3 février : Rodney prend Saint-Eustache qu'il met à sac.
- 16 mars : bataille du Cap Henry. Des Touches ne parvient pas à déloger de la baie de la Chesapeake l'escadre d'Arbuthnot.
- 22 mars : de Grasse appareille de Brest.
- 6 avril : Darby secourt Gibraltar.
- 16 avril : à la Praya, Johnstone et Suffren s'affrontent.
- 29 avril : devant la Martinique, combat entre Hood et de Grasse.
- 2 mai : La Motte-Picquet capture dans les *western approaches* le convoi portant le butin de Saint-Eustache.
- 11 mai : don Bernardo de Gálvez s'empare de Pensacola, les Espagnols se rendent maîtres de l'ouest de la Floride.
- 2 juin : l'amiral de Grasse prend Tobago.
- 21 juin : capture par Johnstone de bâtiments de la Compagnie hollandaise des Indes orientales.
- 5 août : victoire britannique du Dogger Bank sur une flotte hollandaise.
- 23 août : Crillon débarque à Minorque avec l'appui d'une flotte franco-espagnole.
- 5-9 septembre : bataille de la Chesapeake.
- 19 octobre : capitulation de Yorktown.
- 4 novembre : Bouillé prend Saint-Eustache.
- 13 novembre : en Inde, prise de Négapatam par les Britanniques.
- 12 décembre : capture d'une partie du convoi de Guichen par Kempenfelt.

1782

- 11 janvier : Hughes s'empare de Trincomalé, comptoir hollandais sur l'île de Ceylan.

25-26 janvier : Hood chasse de Grasse de la rade de Basse-Terre. Les Français prennent Saint-Christophe.

1^{er}-8 février : Kersaint s'empare des comptoirs hollandais de Guyane occupés par les Britanniques.

4 février : reddition de la garnison britannique du fort Saint-Philippe à Minorque.

17 février : combat de Sadras, Suffren (qui a remplacé Thomas d'Orves mort peu auparavant) contre Hughes.

12 avril : Rodney bat de Grasse aux Saintes et le fait prisonnier. En Inde, bataille de Providien, Suffren contre Hughes.

21 avril : Barrington capture une partie importante d'un convoi français à destination des Indes orientales.

8 mai : les Espagnols prennent les Bahamas.

6 juillet : bataille de Négapatam, Suffren contre Hughes.

436

Août : destruction par La Pérouse des comptoirs anglais de la baie d'Hudson.

25 août : Suffren s'empare de Trincomalé.

3 septembre : bataille de Trincomalé.

13 septembre : échec de l'attaque de Gibraltar par les Franco-Espagnols.

20 octobre : combat du cap Spartel livré contre La Motte-Picquet par l'escadre de Howe qui vient de secourir Gibraltar.

24 novembre : début du rembarquement à Boston du corps expéditionnaire français.

1783

20 janvier : préliminaires de paix à Versailles.

13 mai : naissance de la Society of the Cincinnati.

20 juin : bataille de Gondelour, Suffren contre Hughes.

3 septembre : signature du traité de Versailles. Reconnaissance officielle de l'indépendance américaine.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

OUVRAGES GÉNÉRAUX

- ACERRA, Martine et MEYER, Jean, *La Grande Époque de la marine à voiles*, Rennes, Ouest-France, 1987
- et ZYSBERG, André, *L'Essor des marines de guerre européennes, 1680-1790*, Paris, SEDES, 1997.
- ALLEN, Gardner Weld, *A Naval History of the American Revolution*, Boston, Houghton, 1913, réimp. New York, Russell & Russell, 1962.
- ALSINA TORRENTE, Juan, *Una guerra romántica, 1778-1783: España, Francia e Inglaterra en el mar (trasfondo naval de la independencia de Estados Unidos)*, Madrid, Instituto de Historia y Cultura Naval, 2006.
- BLANCO NÚÑEZ, José María, *La Armada Española en la segunda mitad del siglo XVIII*, Barcelona, Izar de Construcciones Navales, 2002.
- BRADFORD, James C., « The First United States Navy », dans GREENE, Jack P. et POLE, Jack R. (dir.), *A Companion to the American Revolution*, London, Blackwell, 2004, p. 326-331.
- CHALINE, Olivier, *La Mer et la France. Quand les Bourbons voulaient dominer les océans*, Paris, Flammarion, 2016.
- et GUIMERÁ RAVINA, Agustín (dir.), *La Real Armada. La marine des Bourbons d'Espagne au XVIII^e siècle*, Paris, PUPS, 2018.
- CHÁVEZ, Thomas E., *España y la independencia de Estados Unidos*, Madrid, Taurus, 2006.
- CLARK, William Bell, *Lambert Wickes, Sea Raider and Diplomat: The Story of a Naval Captain in the Revolution*, New Haven, Yale University Press, 1932.
- , *Ben Franklin's Privateers*, Baton Rouge, Louisiana State University Press, 1956.
- CLOWES, William Laird, *The Royal Navy. A History from the Earliest Times to 1900*, rééd. London, Chatham Publishers, 1996, t. III.
- DUDLEY, William S. et CRAWFORD, Michael J. (dir.), *The Early Republic and the Sea: Essays on the Naval and Maritime History of the Early United States*, Washington, Brassey's Inc., 2003.
- DULL, Jonathan R., *The French Navy and American Independence. A Study of Arms and Diplomacy 1774-1787*, Princeton University Press, 1975.

- , *The Age of the Ship of the Line. The British & French Navies, 1650-1815*, Lincoln/London, University of Nebraska Press, 2009.
- FERNÁNDEZ DURO, Cesáreo, *La Armada española desde la unión de los reinos de Castilla y de Aragón*, Madrid, Sucesores de Rivadeneyra, 1901, t. VII.
- GARDINER, Robert (dir.), *Navies and the American Revolution, 1775-1783*, London, Chatham Pictorial Histories, 1996.
- GIRAULT DE COURSAC, Paul et Pierrette, *Guerre d'Amérique et liberté des mers, 1778-1783*, Paris, F. X. De Guibert, 1991.
- GLETE, Jan, *Navies and Nations. Warships, Navies and State Building in Europe and America, 1500-1860*, Stockholm, Almqvist & Wiskell International, 1993, 2 tomes.
- HARDING, Richard, *Seapower and Naval Warfare, 1650-1830*, London, Routledge, 1999.
- HATTENDORF, John B., « Les Américains et la guerre sur mer (1775-1783) », dans CHALINE, Olivier, BONNICHON, Philippe et VERGENNES, Charles-Philippe de (dir.), *La France et l'Indépendance américaine*, Paris, PUPS, 2008, p. 131-151.
- LACOUR-GAYET, Georges, *La Marine militaire de la France sous le règne de Louis XVI*, Paris, Honoré Champion, 1905.
- Les Marines française et britannique face aux États-Unis (1776-1865)*, VII^{es} journées franco-britanniques d'histoire de la marine, Vincennes, Service historique de la Marine, 1999.
- MERINO NAVARRO, José, *La Armada española en el siglo XVIII*, Madrid, Fundación Universitaria Española, 1981.
- MÜHLMANN, Rolf, *Die Reorganisation der spanischen Kriegsmarine im XVIII. Jahrhundert*, Köln/Wien, Böhlau Verlag, 1975.
- RODGER, N. A. M., *The Command of the Ocean. A Naval History of Britain, 1649-1815*, London, Allen Lane, 2004.
- VERGÉ-FRANCESCHI, Michel, *La Marine française au XVIII^e siècle. Guerres, administration, exploration*, Paris, SEDES, 1996.
- VILLIERS, Patrick, *Marine royale, corsaires et trafics dans l'Atlantique de Louis XIV à Louis XVI*, Dunkerque, Société dunkerquoise d'histoire et d'archéologie, 1999, 2 tomes.
- WILLIS, Sam, *The Struggle for Sea Power: A Naval History of American Independence*, London, Atlantic Books, 2015.

LES NAVIRES

- BOUDRIOT, Jean, *Le Vaisseau de 74 canons*, Grenoble, Éditions des 4 Seigneurs, 1975, 4 tomes.
- et BERTI, Hubert, *La « Vénus » de l'ingénieur Sané, 1782*, Paris, ANCRE, 1979.
- et BERTI, Hubert, *L'Artillerie de mer. Marine française, 1650-1850*, Paris, ANCRE, 1992.
- et BERTI, Hubert, *La Frégate. Étude historique, 1650-1850*, Paris, ANCRE, 1992.

- et BERTI, Hubert, *Les Vaisseaux de 50 et 64 canons. Étude historique, 1650-1780*, Paris, ANCRE, 1994.
- et BERTI, Hubert, *Les Vaisseaux de 74 à 120. Étude historique, 1650-1850*, Paris, ANCRE, 1995.
- et BERTI, Hubert, *Modèles historiques au musée de la Marine*, Paris, ANCRE, 1997.
- CARUANA, Adrian B., *The History of English Sea Ordnance, 1523-1875*, Rotherfield, 1994-1997, 2 tomes.
- COCK, Randolph, « The Finest Invention in the World: The Royal Navy's Early Trials of Copper Sheathing, 1708-1770 », *The Mariner's Mirror*, vol. 87, n° 4, 2001, p. 446-459.
- DECENCIÈRE, Patrice, « Some Eighteenth- and Nineteenth-Century French Trials of Square-rigged Warships Tacking », *The Mariner's Mirror*, vol. 97, n° 4, 2011, p. 289-298.
- DEMERLIAC, Alain, *La Marine de Louis XV. Nomenclature des navires français de 1715 à 1774*, Nice, Omega, 1995.
- , *La Marine de Louis XVI. Nomenclature des navires français de 1774 à 1792*, Nice, Omega, 1996.
- DODDS, James et MOORE, James, *Building the Wooden Fighting Ship* [1984], London, Chatham Publishing, 2005.
- FONTAINIEU, Emmanuel de, *L'Hermione. De Rochefort à la gloire américaine*, Paris, Éditions de Monza, 1992.
- FORRER, Claude et MICHEL, Claude-Youenn, *La Bretagne. Un vaisseau de 100 canons pour le roi et la République, 1762-1796*, Spézet, Keltia Graphic/Coop Breizh, 2005.
- GARDINER, Robert, *The Line of Battle. The Sailing Warship, 1650-1840*, London, Conway Maritime Press, 1992.
- , *The First Frigates: Nine and Twelve Pounders Frigates, 1748-1815*, London, Conway Maritime Press, 1992.
- , *The Heavy Frigate: Eighteen Pounder Frigates, 1778-1800*, London, Conway Maritime Press, 1994, t. I.
- GONZÁLEZ-ALLER HIERRO, José Ignacio, APESTEGUI, Cruz, PLÁ, Jorge et ZAMARRÓN, Carmen, *L'Armada. Maquettes du Musée naval de Madrid (XVII^e-XVIII^e siècle)*, trad. Rémi Prigent, Paris, Mengès, 2004.
- GOODWIN, Peter, *The Construction and Fitting of the Sailing Man of War, 1650-1850* [1987], London, Conway Maritime Press, 2006.
- HARLAND, John, *Seamanship in the Age of Sail* [2000], Annapolis, Naval Institute Press, 2006.
- KNIGHT, Roger J. B., « The Introduction of Copper Sheathing into the Royal Navy, 1779-1786 », *The Mariner's Mirror*, vol. 59, n° 3, 1973, p. 299-309.
- JAHAN, François, *La Frégate l'« Hébé » et la guerre d'Indépendance américaine. 1782, deux marins, un mystère*, Paris, Guénégaud, 2005.
- LEES, James, *The Mastng and Rigging of English Ships of War, 1625-1860*, London, Conway Maritime Press, 1979.

- LAVERY, Brian, *The Ship of the Line*, London, Conway Maritime Press, 1983-1984, 2 tomes.
- , *The Arming and Fitting of English Ships of War, 1600-1815* [1987], London, Conway Maritime Press, 2006.
- LLINARES, Sylviane, *Marine, propulsion et technique. L'évolution du système technologique du navire de guerre français au XVIII^e siècle*, Paris, Librairie de l'Inde, 1994.
- McKAY, John, *The 100-Gun Ship Victory*, London, Conway Maritime Press, 2004.
- MEYER, Jean, « De 1763 à 1780 : la mise en place de nouveaux rapports de force », dans *Les Marines française et britannique face aux États-Unis (1776-1865)*, VII^{es} journées franco-britanniques d'histoire de la marine, Vincennes, Service historique de la Marine, 1999, p. 5-43.
- RODRÍGUEZ GONZÁLEZ, Agustín Ramón et COELLO LILLO, Juan Luis, *La fragata en la Armada española: 500 años de historia*, Madrid, Izar de Construcciones Navales, 2003.
- RODGER, Nicholas A. M., « Formes et fonctions des navires européens du milieu du XVII^e siècle au début du XIX^e siècle (1660-1815) », *Revue d'histoire maritime*, n^o 7, 2007, p. 81-104.
- VILLIERS, Patrick, *La Marine de Louis XVI*, t. I, *De Choiseul à Sartine*, Grenoble, Jean-Pierre Debbane éd., 1985.
- , *L'Hermione, La Fayette, La Touche-Tréville. Deux hommes, une frégate au service de l'Indépendance américaine*, avec la participation de LEMINEUR, Jean-Claude, Nice, ANCRE, 2015.
- WINFIELD, Rif, *British Warships in the Age of Sail, 1714-1792. Design, Construction, Careers and Fates*, Barnsley, Seaforth Publishing, 2007.
- , *First Rate. The Greatest Warships of the Age of Sail*, Barnsley, Seaforth Publishing, 2010.

EXERCICE DU COMMANDEMENT ET TACTIQUES

- CRESWELL, John, *British Admirals of the Eighteenth Century. Tactics in Battle*, Hamden (Conn.), Archon Books, 1972.
- DEPEYRE, Michel, *Tactiques et stratégies navales de la France et du Royaume-Uni de 1690 à 1815*, Paris, Economica, 1998.
- HARDING, Richard et GUIMERÁ RAVINA, Agustín (dir.), *Naval Leadership in the Atlantic World. The Age of Reform and Revolution, 1700-1850*, London, University of Westminster Press, 2017.
- JAHAN, François et ROUSSEL, Claude-Youenn, *Guichen. L'honneur de la Marine royale*, Paris, Guénégaud, 2012.
- MACKEY, Ruddock et DUFFY, Michael, *Hawke, Nelson and British Naval Leadership, 1747-1805*, Woodbridge, Boydell Press, 2009.
- PALMER, Michael A., *Command at Sea: Naval Command and Control since the Sixteenth Century*, Cambridge (Ma.), Harvard University Press, 2005.

- RODGER, N. A. M., « Image and Reality in Eighteenth-Century Naval Tactics », *The Mariner's Mirror*, vol. 89, n° 3, 2003, p. 281-286.
- TREW, Peter, *Rodney and the Breaking of the Line*, Barnsley, Pen & Sword Military, 2006.
- TUNSTALL, Brian et TRACY, Nicholas, *Naval Warfare in the Age of Sail. The Evolution of Fighting Tactics, 1650-1815*, London, Chatham Publishing, 1990.
- WILLIS, Sam B. A., « Fleet Performance and Capability in the Eighteenth-Century Royal Navy », *War in History*, vol. 11, n° 4, 2004, p. 373-392.
- , *Fighting at Sea in the Eighteenth Century*, Woodbridge, Boydell Press, 2008.
- WINFIELD, Rif et ROBERTS, Stephen S., *French Warships in the Age of Sail, 1626-1786. Design, Construction, Careers and Fates*, Barnsley, Seaforth Publishing, 2017.

OPÉRATIONS NAVALES ET COMBINÉES DE LA GUERRE D'INDÉPENDANCE

- BAUGH, Daniel A., « Why Did Britain Lose Command of the Sea During the War for America? », dans BLACK, Jeremy et WOODFINE, Philip (dir.), *The British Navy and the Use of Naval Power in the Eighteenth Century*, Leicester, Leicester University Press, 1988, p. 149-169.
- BONNICHON, Philippe, « La Grenade, Savannah (1779), Saint-Christophe (1782) : trois exemples du rôle de la marine dans les opérations de débarquement et de soutien des troupes, lors de la guerre d'Indépendance américaine », dans *Guerres et Paix, 1660-1815. Journées franco-anglaises d'histoire de la marine, Rochefort, 1986*, Vincennes, Service historique de la Marine, 1987, p. 261-273.
- BREEN, Kenneth, « Graves and Hood at the Chesapeake », *The Mariner's Mirror*, vol. 66, n° 1, 1980, p. 53-75.
- , « Divided Command: the West Indies and North America, 1780-1781 », dans BLACK, Jeremy et WOODFINE, Philip (dir.), *The British Navy and the Use of Naval Power in the Eighteenth Century*, Leicester, Leicester University Press, 1988, p. 191-206.
- , « Sir George Rodney and St. Eustatius in the American War: A Commercial and Naval Distraction, 1775-1781 », *The Mariner's Mirror*, vol. 84, n° 2, 1998, p. 193-203.
- , « Sir George Rodney and Naval Operations in the Caribbean in the American War of Independence 1780-1782 », dans *Les Marines française et britannique face aux États-Unis (1776-1865)*, VII^{es} journées franco-britanniques d'histoire de la marine, Vincennes, Service historique de la Marine, 1999, p. 45-60.
- CALLENDER, Geoffrey A. R., « With the Grand Fleet in 1780 », *The Mariner's Mirror*, vol. 9, n° 9, 1923, p. 258-270, 290-304.
- CARON, François, *La Guerre inconnue ou la Victoire volée. La bataille de la Chesapeake, 1781*, Paris, Service historique de la Marine, 1981.
- , *La Guerre inconnue ou le Mythe de Suffren. La campagne des Indes, 1781-1783*, Vincennes, Service historique de la Marine, 1996.
- , « La bataille des Saintes », *Chroniques d'histoire maritime*, n° 46, 2002, p. 21-33.

- CASTEX, Raoul, *La Manœuvre de la Praya (16 avril 1781). Étude politique, stratégique et tactique*, Paris, L. Fournier, 1912.
- CONWAY, Stephen, « "A Joy Unknown for Years Past": The American War, Britishness and the Celebration of Rodney's Victory at the Saints », *History*, vol. 86, n° 282, 2001, p. 180-99.
- COQUELLE, Paul, « Les projets de descente en Angleterre », *Revue d'histoire diplomatique*, n° 15, 1901, p. 433-452, 591-624, n° 16, 1902, p. 134-157.
- CRAWFORD, Michael J., « The Joint Allied Operation at Rhode Island, 1778 », dans ROBERTS, William P. et SWEEMAN, Jack (dir.), *New Interpretations in Naval History: Selected Papers from the Ninth Naval History Symposium Held at the United States Naval Academy, 18-20 October 1989*, Annapolis, Naval Institute Press, 1991, p. 227-242.
- HATTENDORF, John B., *Newport, the French Navy and American Independence*, Newport, Redwood Press, 2005.
- JACKSON, John W., *The Pennsylvania Navy, 1775-1781: The Defense of the Delaware*, New Brunswick, Rutgers University Press, 1974.
- JAMIESON, Alan G., « American Privateering in the Leeward Islands, 1776-1778 », *The American Neptune*, vol. 43, n° 1, janvier 1983, p. 20-30.
- LARRABEE, Harold A., *Decision at the Chesapeake*, New York, Clarkson N. Potter, 1964.
- LAWRENCE, Alexander A., *Storm over Savannah: The Story of Count d'Estaing and the Siege of the Town in 1779*, Athens, University of Georgia Press, 1951.
- LESPAGNOL, André, « La guerre de course pendant la guerre d'Amérique », dans *Les Marines française et britannique face aux États-Unis (1776-1865)*, VII^{es} journées franco-britanniques d'histoire de la marine, Vincennes, Service historique de la Marine, 1999, p. 99-113.
- LINDWALL, Åke, « The Encounter between Kempfenfelt and De Guichen, December 1781 », *The Mariner's Mirror*, vol. 87, n° 2, 2001, p. 163-179.
- MCGUFFIE, Tom H., *The Siege of Gibraltar, 1779-1783*, London, B. T. Batsford, 1965.
- MORGAN, William J., « American Privateering in America's War for Independence », *American Neptune*, vol. 36, n° 2, avril 1976, p. 79-87.
- JACKSON O'SHAUGHNESSY, Andrew, *An Empire Divided. The American Revolution and the British Caribbean*, Philadelphia, University of Pennsylvania Press, 2000.
- OWEN, J. H., « Operations of the Western Squadron, 1781-1782 », *Naval Review*, n° 15, 1927, p. 33-53.
- PATTERSON, Alfred Temple, *The Other Armada: The Franco-Spanish Attempt to Invade Britain in 1779*, Manchester, Manchester University Press, 1960.
- PERUGIA, Paul del, *La Tentative d'invasion de l'Angleterre de 1779*, Paris, Alcan/PUF, 1939.
- RICHMOND, (sir) Herbert, *The Navy in India, 1763-1783*, Londres, Ernest Benn, 1931, rééd. Aldershot, Gregg Revivals, 1993.
- RODGER, N. A. M., « The West Indies in Eighteenth-Century British Naval Strategy », dans BUTEL, Paul et LAVALLÉ, Bernard (dir.), *L'Espace caraïbe. Théâtre et enjeu des luttes imperiales, XVI^e-XIX^e siècle*, Bordeaux, 1996, p. 38-60.

- RUSSELL, Jack, *Gibraltar Besieged, 1779-1783*, London, William Heinemann, 1965.
- SCHEINA, Robert L., « A Matter of Definition: A New Jersey Navy, 1775-1783 », *American Neptune*, vol. 39, n° 3, juillet 1979, p. 209-217.
- STARKEY, David, *British Privateering Enterprise in the Eighteenth Century*, Exeter, University of Exeter Press, 1990.
- SULIVAN, J. A., « Graves and Hood », *The Mariner's Mirror*, vol. 69, n° 2, 1983, p. 175-194.
- SYRETT, David, *Shipping and the American War, 1775-1783*, London, Atlone Press, 1970.
- , « The Organization of British Trade Convoys during the American War, 1775-1783 », *The Mariner's Mirror*, vol. 62, n° 2, 1976, p. 269-280.
- , *Neutral Rights and the War in the Narrow Seas, 1778-1782*, Fort Leavenworth, Army Command and General Staff College, 1985.
- , *The Royal Navy in American Waters, 1775-1783*, London, Scolar Press, 1989.
- , « Home Waters or America? The Dilemma of British Naval Strategy in 1778 », *The Mariner's Mirror*, vol. 77, n° 4, 1991, p. 365-377.
- , *The Royal Navy in European Waters during the American Revolutionary War*, Columbia, University of South Carolina Press, 1998.
- , « Count-Down to the Saints: A Strategy of Detachments and the Quest for Naval Supremacy in the West Indies 1780-2 », *The Mariner's Mirror*, vol. 87, n° 2, 2001, p. 150-162.
- TRENTINIAN, Jacques de (dir.), *La France au secours de l'Amérique. Autopsie de l'« Expédition particulière » du comte de Rochambeau et du chevalier de Ternay, mars-décembre 1780*, Paris, SPM, 2016.
- VILLIERS, Patrick, « La stratégie de la marine française de l'arrivée de Sartine à la victoire de la Chesapeake », dans ACERRA, Martine, MERINO NAVARRO, José et MEYER, Jean (dir.), *Les Marines de guerre européennes, XVII^e-XVIII^e siècles* [1985], Paris, PUPS, 1998, p. 211-247.
- , « La tentative franco-espagnole de débarquement en Angleterre en 1779 », *Revue du Nord*, hors-série n° 9, VILLIERS, Patrick et PFISTER-LANGANAY, Christian (dir.), « Le transmanche et les liaisons maritimes, XVIII^e-XX^e siècle », 1995, p. 13-28.
- , « Deux opérations amphibies contre l'île de Minorque : les débarquements de 1756 et de 1781/82 », *Neptunia*, n° 266, juin 2012, p. 20-26.

MINISTRES ET MARINS

- AGAY, Frédéric d', *La Provence au service du roi (1637-1831). Officiers des vaisseaux et des galères*, Paris, Honoré Champion, 2011, 2 tomes.
- ANTIER, Jean-Jacques, *L'Amiral de Grasse. héros de l'Indépendance américaine*, Paris, Plon, 1965.
- , *L'Amiral de Grasse vainqueur à la Chesapeake*, Paris, Éditions maritimes et d'outre-mer, 1971.

- BARON, W. J., « L'amiral Destouches : un héros vendéen de la guerre d'Indépendance américaine », dans BARON, W. J. *et al.*, *Amiraux du Bas-Poitou dans la guerre d'Indépendance américaine*, La Roche-sur-Yon, Société d'émulation de la Vendée, 1977, p. 93-103.
- BONNEL, Ulane (dir.), *Fleurieu et la marine de son temps*, Paris, Economica, 1992.
- BONNICHON, Philippe, *Charles-Pierre Claret, comte de Fleurieu (1738-1810)*, Paris, Société des Cincinnati de France, 2010.
- BOUCLON, Adolphe de, *Étude historique sur la marine de Louis XVI. Liberge de Grandchain, capitaine des vaisseaux du roi, major d'escadre, directeur général des ports et arsenaux, géographe astronome*, Paris, Arthur Bertrand, 1866.
- BREEN, Kenneth, « George Bridges, Lord Rodney, 1718?-1792 », dans LE FEVRE, Peter et HARDING, Richard (dir.), *Precursors of Nelson. British Admirals of the Eighteenth Century*, London, Chatham Publishing, 2000, p. 224-246.
- BROOMFIELD, John H., « Lord Sandwich at the Admiralty Board: Politics and the British Navy, 1771-1778 », *The Mariner's Mirror*, vol. 51, n° 1, 1965, p. 7-25.
- , « The Keppel-Palliser Affair, 1778-1779 », *The Mariner's Mirror*, vol. 47, n° 3, 1961, p. 195-207.
- CARRÉ, (médecin général) Adrien, « L'amiral Buor de La Charoulière. Une famille de marins du Bas-Poitou dans la guerre d'Indépendance américaine », dans BARON, W. J. *et al.*, *Amiraux du Bas-Poitou dans la guerre d'Indépendance américaine*, La Roche-sur-Yon, Société d'émulation de la Vendée, 1977, p. 1-44
- CASTELLANE-MAJASTRES, marquis de, « Le marquis de Castellane Majastres, chef d'escadre des armées navales 1733-1789 », *Chroniques de Haute-Provence*, n° 332-333, 1997, p. 3-23.
- CASTRIES, René de La Croix, duc de, *Le Maréchal de Castries (1727-1800)*, Paris, Flammarion, 1956.
- CHALINE, Olivier, « Une nouvelle approche historique de l'opérationnel naval et de l'histoire du commandement : l'exemple de l'armée navale de l'amiral de Grasse (1781-1783) », dans GIS d'histoire maritime, *La Maritimisation du monde, de la préhistoire à nos jours*, Paris, PUPS, 2016, p. 611-622.
- , « Admiral Louis Guillouet, comte d'Orvilliers (1710-92): A Style of Command in the Age of the American War », dans HARDING, Richard et GUIMERÁ RAVINA, Agustín (dir.), *Naval Leadership in the Atlantic World. The Age of Reform and Revolution 1700-1850*, London, University of Westminster Press, 2017, p. 73-84.
- CHEYRON DU PAVILLON, Thomas Du, *Un maître de la tactique navale au XVIII^e siècle. Le chevalier Du Pavillon (1730-1782)*, Paris, Guénégaud, 2010
- CONTENSON, Ludovic de, *La Société des Cincinnati de France et la guerre d'Amérique, 1778-1783* [1934], Paris, Picard, 2007.
- CUNAT, Charles, *L'Histoire du bailli de Suffren*, Paris, Librairie Dumoulin, 1852, réimp. photographique, Rennes, CNRS, 1998.

- FOUCAUD, Yves D., « Un artisan de la rénovation de la marine : Charles-Jean comte d'Hector (1722-1808) », dans BARON, W. J. *et al.*, *Amiraux du Bas-Poitou dans la guerre d'Indépendance américaine*, La Roche-sur-Yon, Société d'émulation de la Vendée, 1977, p. 81-92.
- GRIMOÛARD, vicomte de, « Les combats du chevalier de Grimoüard », dans BARON, W. J. *et al.*, *Amiraux du Bas-Poitou dans la guerre d'Indépendance américaine*, La Roche-sur-Yon, Société d'émulation de la Vendée, 1977, p. 59-79.
- GRUBER, Ira D., *The Howe Brothers and the American Revolution*, Chapel Hill, University of North Carolina Press, 1972.
- LA JONQUIÈRE, Christian de, *Officiers de marine aux Cincinnati. Annuaire*, Brassac, Éditions de Poliphile, 1988.
- , *Les Marins français sous Louis XVI. Guerre d'Indépendance américaine*, Issy-les-Moulineaux, Muller Éditions, 1996.
- KERALLAIN, René de, « Bougainville à l'escadre du comte d'Estaing, 1778-1779 », *Journal de la Société des Américanistes de Paris*, n° 19, 1927, p. 155-206.
- , « Bougainville à l'armée du comte de Grasse, guerre d'Amérique, 1781-1782 », *Journal de la Société des Américanistes de Paris*, n° 20, 1928, p. 1-70.
- KNIGHT, Roger J. B., « Richard, Earl Howe, 1726-1799 », dans LE FEVRE, Peter et HARDING, Richard (dir.), *Precursors of Nelson. British Admirals of the Eighteenth Century*, London, Chatham Publishing, 2000, p. 278-299.
- LESGUILLIER, Daniel, *Siméon Ravenel, Gaud Louis Ravenel, intendant de Suffren aux Indes. Officiers granvillais dans la Marine royale au XVIII^e siècle*, Granville, 2011.
- LYNIER DE LA BARBÉE, Maurice, *Le Chevalier de Ternay. Vie de Charles-Henry Louis d'Arsac de Ternay, chef d'escadre des armées navales*, Grenoble, Éditions des 4 Seigneurs, 1972.
- MICHEL, Jacques, *La Vie aventureuse et mouvementée de Charles-Henri, comte d'Estaing*, Paris, chez l'auteur, 1976.
- , *Du Paris de Louis XV à la Marine de Louis XVI. L'œuvre de monsieur de Sartine*, t. II, *La Reconquête de la liberté des mers*, Paris, Éditions de l'Érudit, 1984.
- MONAQUE, Rémi, *Les Aventures de Louis-René Latouche-Tréville. Compagnon de La Fayette et commandant de l'Hermione dans la guerre d'Indépendance américaine*, Paris, SPM, 2000.
- , *Suffren. Un destin inachevé*, Paris, Tallandier, 2009.
- MOULIN, Stéphane, *La Carrière d'un marin au XVIII^e siècle. Joseph de Flotte, 1734-1794*, Gap, Peyrot, 1922.
- O'SHAUGHNESSY, Andrew Jackson, *The Men Who Lost America. British Command during the Revolutionary War and the Preservation of the Empire*, London, Oneworld, 2013.
- ORLÉANS, Jacques d', « Les quinze campagnes d'un marin solognot. Pierre d'Orléans, capitaine de vaisseau, contre-amiral honoraire, 1747-1819 », *Bulletin de la Société d'art, d'histoire et d'archéologie de la Sologne*, n° 4, 1978, p. 3-12.
- ORTHOLAN, Henri, *L'Amiral Villaret-Joyeuse. Des Antilles à Venise, 1747-1812*, Paris, Bernard Giovanangeli, 2006.

- PARSCAU DU PLESSIX, Raymond de, *Louis de Parscau du Plessix (1725-1786) et ses fils Hervé (1762-1831) et Jean (1764-1784)*, Paris, Société des Cincinnati de France, 2012.
- PLÉVILLE LE PELLEY, Georges-René, *Mémoires d'un marin granvillais. Georges-René Pléville Le Pelley (1726-1805)*, éd. Michèle Chartrain, Monique Le Pelley Fonteny, Gilles Désiré dit Gosset et Étienne Taillemite, Brécey, Les Cahiers culturels de la Manche, 2002.
- RODGER, N. A. M., *The Insatiable Earl: The Life of John Montagu, 4th Earl of Sandwich*, London, Harper & Collins, 1993.
- , « Sandwich and the Admirals », *Les Marines française et britannique face aux États-Unis (1776-1865)*, VII^{es} journées franco-britanniques d'histoire de la marine, Vincennes, Service historique de la Marine, 1999, p. 115-126.
- SPINNEY, David, *Rodney*, London, Allen & Unwin, 1969.
- , « Rodney and the Saintes: A Reassessment », *The Mariner's Mirror*, vol. 68, n° 4, 1982, p. 377-389.
- SUYROT, comte de, « Un Vendéen, l'amiral Du Chaffault, premier responsable devant l'histoire de l'indépendance des États-Unis d'Amérique », dans BARON, W. J. *et al.*, *Amiraux du Bas-Poitou dans la guerre d'Indépendance américaine*, La Roche-sur-Yon, Société d'émulation de la Vendée, 1977, p. 45-57.
- TAILLEMITE, Étienne, *Dictionnaire des marins français* [1982], Paris, Éditions maritimes et d'outre-mer, Paris, 2002.
- , « L'amiral d'Orvilliers et la marine de son temps », *Études bourbonnaises*, n° 264, 2^e tr. 1993, p. 305-319.
- , *Les Hommes qui ont fait la marine française*, Paris, Perrin, 2008.
- , *Bougainville*, Paris, Perrin, 2011.
- VERGÉ-FRANCESCHI, Michel, *La Royale au temps de l'amiral d'Estaing*, Paris, La Pensée universelle, 1977.
- , *Les Officiers généraux de la Marine royale, 1715-1774. Origines, conditions, services*, Paris, Librairie de l'Inde, 1990, 7 tomes.
- , « Les amiraux français de la guerre d'Amérique », *Les Marines française et britannique face aux États-Unis (1776-1865)*, VII^{es} journées franco-britanniques d'histoire de la marine, Vincennes, Service historique de la Marine, 1999, p. 127-138.
- VAN HILLE, Jean-Marc, *Le Contre-Amiral d'Albert de Rions. Un baroudeur au siècle des Lumières*, Quimper, Le Phare de Misaine, 1999.
- VOVARD, André, *L'Amiral Du Chaffault*, Paris, Fournier, 1931.
- ZANCO, Jean-Philippe (dir.), *Dictionnaire des ministres de la Marine, 1689-1958*, Paris, SPM, 2011.

INDEX DES NOMS PROPRES

La mention « I » renvoie au premier volume (paru en 2013), « II » renvoie au second qu'achève cet index.

- A** _____
- Abarca de Bolea, Pedro Pablo *voir* Aranda, Pedro Pablo Abarca de Bolea, comte d'
- Acton, John, Lord I : 158-161, 163, 165-167
- Adams, John I : 86-89, 92, 93
- Aiguillon, Emmanuel Armand de Vignerot du Plessis de Richelieu, duc d' I : 36
- Albert de Rions, François-Hector, comte d' II : 142, 158
- Amblimont, Claude-Marguerite Renart de Fuchsamberg, marquis d' II : 9
- Anson, George, Lord II : 39, 315, 316
- Aranda, Pedro Pablo Abarca de Bolea, comte d' I : 140 ; II : 267
- Arbuthnot, Mariott II : 54-56, 187, 256
- Arçon, Jean Claude Le Michaud, chevalier d' II : 284-286, 294
- Arnold, Benedict I : 106 ; II : 54-56, 348
- Arsac, Charles-Henri-Louis d' *voir* Ternay, Charles-Henri-Louis d'Arsac, chevalier de
- Autrán, Ciprián I : 235-237
- Aymar, chevalier d' II : 216, 217
- B** _____
- Babaud de la Chaussade, Pierre I : 212, 257, 329, 330, 333
- Bables de Berton, Louis *voir* Crillon, Louis Bables de Berton
- Barceló, Antonio, Don I : 135, 150, 167 ; II : 275, 279, 280, 286
- Barham, First Baron Charles Middleton *voir* Middleton, Charles, First Baron Barham
- Barras de Saint-Laurent, Jacques Melchior, comte de I : 378, 410 ; II : 300, 301, 397
- Barrington, Samuel, Lord I : 82 ; II : 257, 260, 428-430, 434
- Baudard de Sainte-James, Claude I : 330, 332
- Bausset, Antoine-Alain, chevalier de I : 387 ; II : 278
- Beaumarchais, Pierre-Augustin Caron de I : 72, 244, 267, 322-324
- Blanes, Gilbert, Sir II : 216, 264
- Bigot de Morogues, Sébastien-François I : 365, 374, 382, 428 ; II : 9, 432
- Borda, Jean-Charles, chevalier de I : 75 ; II : 159, 160, 400
- Bougainville, Louis Antoine, comte de I : 46, 51, 427 ; II : 300-307, 431
- Bouillé, François Claude Amour, marquis de II : 98, 111, 116, 141, 143, 145, 147, 150-153, 156, 307, 308, 433, 435
- Bourdé de la Villehuet, Jean-Pierre II : 234
- Bourgeois de Boyne, Pierre Étienne I : 20, 213, 327, 364
- Brogie, Victor François, maréchal, duc de II : 268-291
- Burgues de Missiessy, Édouard Thomas II : 157-183
- Bushnell, David II : 64-68
- Byron, the Hon. John I : 419 ; II : 95, 143, 146, 147, 151, 187, 257, 260, 336, 387, 396, 431-433

C _____
 Calonne, Charles-Alexandre de I : 332, 339-344, 356, 357
 Castejón, Pedro González de I : 110, 121 ; II : 271
 Castries, Anne Jacques Scipion, comte de I : 40, 44, 50 ; II : 143, 146, 149, 155, 156
 Castries, Charles Eugène de La Croix, marquis de I : 50, 75, 411 ; II : 97, 140, 296-299, 310, 311, 324-327, 367, 390, 398, 435
 Catherine II I : 201-203
 Cevallos, Pedro de I : 123, 136, 429 ; II : 433
 Chadeau de La Clocheterie, Jean Isaac *voir* La Clocheterie, Jean Isaac Chadeau
 Chaffault, Louis Charles, comte du I : 250, 252, 365-380, 429 ; II : 433
 Charles III, roi d'Espagne I : 110, 115, 122-124, 140, 430 ; II : 68, 88, 269, 272, 323, 434
 Charles IV, roi d'Espagne I : 111, 124-126
 Chauchouard, Claude Eugène *voir* La Vicomté, Claude Eugène Chauchouard de
 Cheyron, Jean-François du *voir* Pavillon, Jean-François du Cheyron, chevalier du
 Choiseul, Étienne-François, comte de Stainville *puis* duc de I : 9, 19, 53-63, 428 ; II : 42, 219, 315-327, 381
 Choiseul-Chevigny, César de, duc du Plessis-Praslin I : 54, 466 ; II : 42, 431
 Choquet de Lindu, Antoine I : 243, 252, 254
 Cillart de Villeneuve, Jean-Marie, chevalier de I : 416
 Claret de Fleurieu, Charles-Pierre *voir* Fleurieu, Charles-Pierre Claret de
 Clerk of Eldin, John II : 9-11
 Coëtnempren de Kersaint, Armand Guy Simon de *voir* Kersaint, Armand Guy Simon de Coëtnempren de, comte de
 Cook, James II : 431-433
 Córdoba y Córdoba, Luis de I : 145, 146, 149, 431 ; II : 53, 58, 59, 82, 272, 273, 276, 280-282, 364, 395

Coriolis d'Espinouse, Jean-Louis Charles, chevalier de II : 300
 Crillon, Louis Bables de Berton, duc de II : 284-294, 435

D _____
 Dampierre, Charles Picot, commandeur de II : 107, 108
 Darby, George II : 435
 Deane, Silas I : 90-92, 321, 322
 Des Touches, Charles René Dominique Sochet, chevalier des I : 411, 414, 415 ; II : 54-56, 62, 146, 187, 435
 Desloges, Frères I : 327, 328
 Douglas, Charles, Sir II : 196, 197, 264, 421
 Du Couédic, Charles-Louis, chevalier du I : 439 ; II : 142, 153, 434
 Du Pavillon, Jean-François du Cheyron, chevalier I : 250, 375, 376 ; II : 9, 232, 233
 Dubois, Pierre I : 347-361
 Dujardin de Ruzé, Jean-Charles I : 212, 220, 329, 330

E _____
 Ensenada, Zenón de Somodevilla y Bengoechea, marquis de la I : 110, 114-116, 120-122, 240 ; II : 78
 Estaing, Charles-Henri, comte d' I : 37, 55, 72-74, 325, 382, 412, 413, 429, 430 ; II : 143, 146, 151, 156, 298, 320, 336, 348, 349, 353-355, 359, 387, 396, 433

F _____
 Ferdinand VI, roi d'Espagne I : 110, 117
 Fleurieu, Charles-Pierre Claret de I : 44, 51, 75 ; II : 318
 Fleuriot de Langle, Paul-Antoine, vicomte I : 43, 47 ; II : 142, 150, 151, 417 *n.l.*
 Floridablanca, José Moñino y Redondo, comte de II : 79, 267-270, 281, 284-287
 Flotte d'Argens, Joseph, comte de II : 150-152

Franklin, Benjamin I : 265, 271 ; II : 28

Frédéric II, roi de Prusse I : 30

Froger de l'Éguille II : 229

G

Gadsden, Christopher I : 85, 90

Galaup, Jean-François de *voir* La Pérouse,
Jean-François de Galaup

Gálvez, Bernardo de, Don I : 149, 430 ;
II : 349, 355-357, 359, 368

Gastón, Miguel de, Don II : 272-274

Gautier, François I : 120, 121, 237

Geary, Francis, Sir II : 186, 256, 257, 280, 281

Genet, Charles-Edmond I : 19-25

Georges III, roi de Grande-Bretagne
I : 428, 430, 431 ; II : 432, 434, 435

Godin, Louis I : 112

Godoy, Manuel Peirera de I : 125 ; II : 371

Gonidec, Mathieu François de II : 414

Goulade, Alexandre I : 416

Grasse, François-Joseph Paul, comte de
I : 246, 385, 409, 411-413, 415 ; II : 56-58, 87,
112-117, 146, 147, 152, 295-311, 324-327, 338,
396, 397, 414

Graves, Samuel I : 82, 423 ; II : 255

Graves, Thomas II : 57, 187, 256-259

Gravier, Charles *voir* Vergennes, Charles Gravier

Grenier, Jacques, vicomte de II : 9

Grenville, George, Lord I : 28, 31, 35

Groignard, Antoine I : 69-71, 74, 250, 254,
290 ; II : 381

Guibert, Jacques-Antoine, comte de II : 9

Guichen, Luc Urbain du Bouëxic, comte
de I : 250, 365-380, 383, 428, 430 ; II : 85-87,
112, 149, 272, 282, 283, 290, 298, 343, 387,
432-434.

Guillouet, Louis *voir* Orvilliers, Louis
Guillouet, comte d'

Gustave III I : 195-200

H

Hardy, Charles, Sir II : 12, 256, 336, 337

Hawke, Edward I : 35, 36

Hector, Charles, comte d' I : 57, 249, 274,
288 ; II : 109, 115, 139

Holker, John I : 330

Hood, Samuel I : 431, 432 ; II : 56, 57, 147,
257, 435, 436

Hoste, Paul II : 9

Hotham, William II : 352, 353

Howe, Richard I : 37 ; II : 58, 59, 62, 64, 190,
223, 256, 262, 289, 320, 347 n. 2, 350-352

Hughes, Edward, Sir I : 431, 432 ; II : 12,
257, 435

Humphrey, David II : 64, 65

I

Izquierdo, Eugenio II : 60, 61

J

Janvre, Louis Joseph *voir* La Bouchetière, Louis
Joseph Janvre, chevalier de

Joly de Maizeroy, Paul-Gédéon II : 8

Jones, John Paul I : 57, 97, 101, 271, 429 ; II :
194, 434

Juan, Jorge I : 120, 131, 234, 429

K

Kearney, comte de II : 93, 94

Kempfenfelt, Richard I : 431 ; II : 51, 60, 112,
116, 186, 191, 233, 234, 244, 336-344, 390, 435

Keppel, Augustus I : 45, 423, 429 ; II : 48,
106, 147, 206, 247, 252, 256, 262, 263, 336, 394

Kerguelen de Trémarec, Yves-Joseph de
I : 43, 51

Kersaint, Armand Guy Simon de
Coëtnempren, comte de II : 50, 61,
91-100, 142, 148, 149, 158, 436

L

La Bouchetière, Louis Joseph Janvre,
chevalier de II : 143, 148

- La Clocheterie, Jean Isaac Chadeau de I : 416 ; II : 142
- La Croix, Charles Eugène de *voir* Castries, Charles Eugène de La Croix, marquis de
- La Fayette, Gilbert du Motier de I : 50
- La Grandière, Charles-Marie, comte de II : 146
- La Luzerne, Anne-César, chevalier de I : 411-413
- La Monneraye, Pierre Bruno Jean de I : 41 ; II : 214, 215, 219
- La Motte-Piquet, Toussaint Guillaume, comte de I : 42, 48-49, 245, 379, 386, 432 ; II : 116, 388, 434
- La Pérouse, Jean-François de Galaup, comte de I : 47-49, 416 ; II : 96, 140, 142, 144, 147, 148
- La Touche-Tréville, Louis Charles Levassor de I : 379, 384 ; II : 272
- La Touche-Tréville, Charles Auguste Levassor de II : 108-111, 298
- La Touche-Tréville, Louis René Madeleine Levassor de II : 148
- La Vicomté, Claude Eugène Chauchouard de I : 416
- La Villesbrune, Jacques René Le Saige de II : 146
- Langara, Juan de II : 50, 53, 277, 278, 364
- Langdon, John I : 88, 90
- Le Camus de Limare, Michel Louis I : 60, 61
- Le Gardeur de Tilly, Arnaud I : 416
- Le Michaud, Jean Claude *voir* Arçon, Jean Claude Le Michaud, chevalier d'
- Le Saige, Jacques René *voir* La Villesbrune, Jacques René de
- Leray de Chaumont, Jean-Donatien I : 266-270, 274, 324, 326
- Levassor, Louis Charles de *voir* La Touche-Tréville, Louis Charles Levassor
- Levassor, Charles Auguste de *voir* La Touche-Tréville, Charles Auguste Levassor
- Levassor, Louis René Madeleine de *voir* La Touche-Tréville, Louis René Madeleine Levassor
- Ligondès, Gaspard du I : 366, 379
- Lombard, Louis-André, chevalier de I : 416
- Louis XV, roi de France I : 53-63
- Louis XVI, roi de France I : 72, 194, 195 ; II : 92, 108, 117, 158, 163, 317
- Liberge de Granchain, Guillaume I : 51, 416
- Lucadou, A., Dr. II : 217, 218, 220, 221, 223
- M** _____
- Malouet, Pierre-Victor I : 214, 215
- Maurepas, Jean-Frédéric Phélypeaux, comte de II : 103-105, 122-125
- Mazarredo Salazar, José de I : 149 ; II : 67, 89, 90, 280-284
- Médine, Charles-Isambart, comte de I : 416
- Middleton, Charles, First Baron Barham II : 48, 49, 60, 264, 337, 338, 342-344
- Moñino y Redondo, José *voir* Floridablanca, José Moñino y Redondo, comte de
- Monteil, François Aymar, baron de I : 380 ; II : 297, 301, 302, 397
- Morris, Robert I : 102, 103
- Moutray, John II : 26, 27, 281
- Moylan, James I : 271-273
- N** _____
- Necker, Jacques I : 357 ; II : 324
- North, Frederick, Lord I : 31, 34-37, 313 ; II : 325, 343
- O** _____
- Oraison, Henri Foulques d' II : 42, 43
- Ormesson, Henry François de Paule Lefèvre d' I : 342, 343
- Orvilliers, Louis Guillouet, comte d' I : 12, 72, 73, 244, 260, 365-380, 428, 429 ; II : 9, 52, 96, 106, 107, 206-209, 215, 248, 272-274, 395, 413

P _____
 Palliser, Hugh , Sir II : 207, 208, 259, 262, 263, 336
 Parker, Hyde, Sir I : 49, 430 ; II : 434
 Parry, Charles II : 38, 39
 Pasley, Thomas II : 241, 242
 Paule Lefèvre, Henry François *voir* Ormesson, Henry François de Paule Lefèvre d'
 Patiño, José I : 109, 119, 229-238
 Pavillon, Jean-François du Cheyron du *voir* Du Pavillon, Jean-François du Cheyron, chevalier
 Philippe V, roi d'Espagne I : 107-110, 228-231
 Picot, Charles *voir* Dampierre, Charles Picot, commandeur de
 Pitt, William, l'Ancien I : 53, 57, 60, 63, 65
 Poissonnier-Desperrières, André-Jean II : 211, 220-221
 Prévost de Sansac, Jean-Baptiste *voir* Traversay, Jean-Baptiste Prévost de Sansac

R _____
 Rayneval, Joseph Gérard de I : 264
 Renart de Fuchsamberg, Claude-Marguerite *voir* Amblimont, Claude-Marguerite Renart de Fuchsamberg
 Rigaud, Louis de *voir* Vaudreuil, Louis de Rigaud
 Rigaud, Louis-Philippe de *voir* Vaudreuil, Louis-Philippe de Rigaud
 Riggs Popham, Home, Sir II : 234
 Rivers, William II : 189, 190
 Rochambeau, Jean-Baptiste Donatien Vimeur, marquis de I : 46, 47 ; II : 56, 323, 414, 434
 Rodney, George Bridges, First Baron I : 38, 423, 430-432 ; II : 50-53, 56, 58-62, 85, 88, 117, 257, 260, 277, 323-326, 388, 396, 435, 436
 Romero y Fernández de Landa, José Joaquín I : 237 ; II : 371
 Roquefeuil, Aymar Joseph de I : 382

Rosily-Mesros, François-Étienne de II : 43, 64
 Roux, Jacques II : 42
 Romain, Charles-Marie de Trolong, chevalier du II : 149, 154

S _____
 Sandwich, John Montagu, 4th Lord I : 35, 192, 296, 313-317, 422 ; II : 47-49, 53, 259, 320, 343, 378-383, 394
 Sané, Jacques-Noël I : 394 ; II : 400
 Sartine, Antoine-Joseph de I : 9, 65-75, 185, 197, 269 ; II : 13, 31-32, 35, 50, 54, 94, 95, 105-111, 317-323, 380-382, 387, 395
 Sochet Des Touches, Charles René Dominique *voir* Des Touches, Charles René Dominique Sochet, chevalier des
 Solano y Bote, José, marqués del Socorro I : 149 ; II : 83-88, 278, 279
 Somodevilla y Bengoechea, Zenón de *voir* Ensenada, Zenón de Somodevilla y Bengoechea
 Stainville, Étienne-François, comte de *voir* Choiseul, Étienne-François de
 Suffren, Pierre-Antoine de I : 11, 47, 216, 380, 386, 387, 401-407, 431, 432 ; II : 54, 145, 435, 436

T _____
 Ternay, Charles-Henri-Louis d'Arsac, chevalier de I : 245, 415, 416, 430 ; II : 144, 297, 434
 Tousard, Louis de II : 190-195
 Traversay, Jean-Baptiste Prévost de Sansac, marquis de II : 135
 Truguet, Laurent II : 159, 160
 Turgot, Anne Robert Jacques I : 72, 329
 Turpin de Breuil, Jean-Baptiste, vicomte II : 131, 132

U _____
 Ulloa, Antonio de II : 80

V _____

Valdés, Juan Antonio de I : 237, 238

Vaudreuil, Louis de Rigaud, comte de II :
214

Vaudreuil, Louis-Philippe de Rigaud,
marquis de I : 415 ; II : 302, 397, 398

Vaugiraud de Rosnay, Pierre René Marie
de, comte de II : 300

Vergennes, Charles Gravier, comte de I :
36, 37, 199-203, 428 ; II : 106, 296, 297, 310,
311, 317-327, 393, 413

Vignerot du Plessis de Richelieu,
Emmanuel Armand de *voir* Aiguillon,
Emmanuel Armand de Vignerot du Plessis de
Richelieu de, duc d'

Villaret de Joyeuse, Thomas II : 163

Vimeur Jean-Baptiste Donatien *voir*
Rochambeau, Jean-Baptiste Donatien Vimeur,
marquis de

W _____

Washington, George I : 58, 83, 87, 88, 92,
105, 409-413 ; II : 345, 359

Wendel, Charles de I : 331-333

Wieckes, Laurent I : 218

Williams, Thomas II : 48

Wilkinson, George II : 193

Wilkinson, Thomas II : 61

TABLE DES CARTES

CHAPITRE DE CLIVE WILKINSON

- Trajectoires des ouragans de 1780 et en particulier du Grand Ouragan du 10 octobre 1780, p. 18
- L'anticyclone des Açores, p. 20
- Courants dans l'Atlantique Nord, p. 22
- Route suivie par *L'Actionnaire* en 1772, p. 23
- Route suivie par le HMS *Lively* en 1771, de Cork à Halifax, p. 24
- Route suivie par le *San José* en 1778, du Rio de la Plata à Cadix, p. 25
- Points de départs et repères entre l'Europe et les Caraïbes, p. 27
- Routes que devaient suivre les Anglais et les Franco-Espagnols, août 1780
- Gulf Stream : courants maritimes de surface et températures, p. 31
- Zone de convergence intertropicale (ZCIT), p. 33
- Régime des vents et routes maritimes usuelles vers l'Inde et la Chine en juillet, p. 34
- Régime des vents, routes maritimes usuelles vers l'Inde et la Chine et route de retour vers l'Europe en janvier, p. 36

CHAPITRE DE LARRIE D. FERREIRO

- Mars 1781, Arbuthnot à la poursuite de Des Touches avant la première bataille de la Chesapeake, p. 55

CHAPITRE D'AGUSTÍN GUIMERÁ RAVINA

- L'imbrication des possessions coloniales dans l'espace caraïbe, p. 70-71
- Routes commerciales de l'empire espagnol au XVIII^e siècle, p. 73
- L'Amérique espagnole en 1783, p. 77

CHAPITRE DE SYLVIANE LLINARES

- La Guyane hollandaise : Essequibo, Demerarra, Berbice, p. 101

CHAPITRE MICKAEL J. CRAWFORD

- Les opérations combinées dans la rivière Hudson. La bataille pour Fort Montgomery, 5 et 6 octobre 1777, p. 360
- Basse vallée de l'Hudson, p. 361
- Pensacola et ses environs : les épisodes du siège de 1781, p. 362

CHAPITRE DE PIERRE LE BOT

- Routes et théâtres de la guerre extra-européenne, 1778-1783, p. 401

TABLE DES MATIÈRES

La Mise en œuvre opérationnelle d'une flotte Olivier Chaline.....	7
--	---

PREMIÈRE PARTIE

NAVIGATION ET OPÉRATIONS

L'océan, le climat et les opérations navales pendant la guerre d'Indépendance américaine Clive Wilkinson.....	17
Développements et avantages tactiques du doublage en cuivre des coques des navires français, britanniques et espagnols Larrie D. Ferreiro.....	37
La stratégie navale et la navigation espagnole vers les Antilles et le golfe du Mexique (1759-1783) Agustín Guimerá Ravina	67
Les campagnes du comte de Kersaint aux Antilles et en Guyane (1778-1782) Sylviane Llinares.....	91
Les convois et les escortes à travers l'Atlantique (1778-1783) Patrick Villiers.....	103

DEUXIÈME PARTIE

LE NAVIRE, DE LA NAVIGATION AU COMBAT

La collection rochefortaise de devis de retour de campagne de la guerre d'Indépendance américaine Alain Morgat.....	121
Les frégates : des missions de guerre aux combats Philippe Bonnichon	139
De la guerre d'Indépendance aux guerres du Premier Empire : la trajectoire en zigzag d'un officier de marine royaliste et novateur, Édouard-Thomas de Burgues de Missiessy Marie-Christine Varachaud et André Zysberg	157
L'artillerie de marine britannique Nicholas J. P. Hall.....	185

L'artillerie navale française de la guerre d'Indépendance américaine	
Colonel Henri Ortholan (E.R.)	203
Malades et blessés dans la marine française	
Dr Jean-François Viaud	211

TROISIÈME PARTIE
COMMANDER UNE ESCADRE

456

L'évolution des systèmes de signalisation navale à la veille de la guerre d'Amérique	
Patrice Decencière	227
Un tour de force : tenir sa position dans la ligne (1775-1783)	
Sam Willis	241
Les amiraux britanniques de la guerre d'Indépendance américaine	
Richard Harding	255
Le commandement naval espagnol et les opérations combinées avec les Français (Manche et Gibraltar)	
CV (r) José María Blanco Núñez	267
Le comte de Grasse à la tête de son armée navale	
Olivier Chaline	295

QUATRIÈME PARTIE
DU BON USAGE DES FORCES NAVALES

Le déplacement des pièces sur l'échiquier de la guerre. Sartine et Castries, stratégies navals	
Jonathan R. Dull	315
<i>Fleet in being</i> . Le concept de <i>fleet in being</i> et la Royal Navy dans la guerre d'Indépendance américaine	
John B. Hattendorf	329
L'appui des forces navales au profit des opérations terrestres pendant la guerre d'Indépendance	
Michael J. Crawford	345
Le bilan opérationnel espagnol (1778-1783)	
José Gregorio Cayuela Fernández	363
Bilan opérationnel des marines française et britannique (1778-1783)	
Pierre Le Bot	375
Conclusion	413

ANNEXES

1 - Flottes de guerre de la Grande-Bretagne, de la France et de l'Espagne (vaisseaux seuls).....	429
2- Chronologie maritime (1763-1783).....	431
 Bibliographie sommaire.....	 437
 Index des noms propres.....	 447
 Table des cartes.....	 453

