HAL open science

Epave du CSS Alabama - Conservation du canon RML Blakely

Paul Mardikian

To cite this version:

Paul Mardikian. Epave du CSS Alabama - Conservation du canon RML Blakely. [Rapport de recherche] TERRA MARE CONSERVATION LLC. 2020. hal-02495211v1

HAL Id: hal-02495211

https://hal.science/hal-02495211v1

Submitted on 1 Mar 2020 (v1), last revised 4 Apr 2020 (v2)

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

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

Epave du CSS Alabama

Conservation du canon RML[1] Blakely et de son châssis pivotant

Paul Mardikian
Terra Mare Conservation LLC
Charleston South Carolina (USA)

Préambule

Construit par le chantier John Laird Sons & Company à Birkenhead (Angleterre), le Confederate State Ship (CSS) *Alabama*, commandé par Raphaël Semmes, fut l'un des acteurs majeurs des opérations navales de la guerre de Sécession. Entre le 28 juillet 1862 et le 19 juin 1864, au cours d'une fulgurante croisière de « raider » contre la marine marchande de l'Union qui le mena jusqu'en mer de Chine, il prit ou détruisit 65 navires de commerce et coula au canon l'Union State Ship (USS) *Hatteras* au large de Galveston.

Coulé le 19 juin 1864 devant Cherbourg, lors d'un combat singulier contre l'USS *Kearsarge,* son épave sera localisée par 60 mètres de profondeur par le chasseur de mines *Circé* le 30 octobre 1984 et définitivement identifiée le 12 septembre 1985.

Sous la supervision d'un comité mixte franco-américain de l'*Alabama*, des fouilles archéologiques sous-marines furent entreprises sous la direction du capitaine de vaisseau (H) Max Guérout entre 1988 et 1995, puis sous celle de l'archéologue américain Gordon Watts de 1999 à 2002 puis en 2005.

C'est au cours de la campagne de fouille 1994 que furent mis au jour le canon RML Blakely et son châssis pivotant.

[1] RML pour Rifled Muzzel Loading

Introduction

Le canon rayé Blakely de 7 pouces et son châssis pivotant constituent les témoins archéologiques exceptionnels d'une célèbre bataille navale. Se trouvant sur un site dont l'accès est difficile et dangereux, altérés par leur long séjour dans l'eau de mer, leur récupération et leur traitement de conservation ont représenté un véritable défi technique.

La conservation d'objets archéologiques provenant de fouilles sous-marines nécessite une préparation permettant aux objets d'être traités dans les plus brefs délais après leur sortie de fouille. Sans la mise en œuvre de moyens humains et matériels adaptés - qui peuvent être conséquents - les chances de survie et d'étude de ces objets dégradés par leur séjour en milieu marin sont très faibles (P. Mardikian, 2019, 2009 a et b, 2004, 1997 a et b et 1996)

Le projet de relevage du canon Blakely (ALS 145) et de son châssis pivotant (ALS 143) s'inscrit dans cette logique, dans la mesure où la chaine de responsabilités et les moyens techniques et financiers nécessaires à la conservation ont été identifiés en amont des opérations archéologiques. Cependant malgré une planification rigoureuse, la découverte d'un obus de 100 livres chargé, dans l'âme du canon, a nécessité un ajustement du plan initial et la mise en œuvre de méthodes permettant de garantir tout à la fois la stabilisation de ces objets et la sécurité des personnes avant d'entreprendre un traitement long et compliqué. Le traitement du châssis pivotant, constitué de bois, fer forgé, bronze, d'une longueur d'environ 4 mètres sur 1,2 mètre de large et pesant près de 500 kg a également demandé des efforts considérables.

L'objectif principal de cette contribution est de décrire les solutions techniques et les stratégies de conservation, souvent hors normes, mises en place pour le traitement de ces objets il y a plus de 20 ans, ainsi que de présenter des documents photographiques ou techniques inédits.

Description et état des objets.

A la suite de la récupération, par 60 mètres de profondeur, du canon Blakely et de son châssis pivotant à Cherbourg le 28 juin 1994, les objets furent pris en charge immédiatement par le laboratoire (Figures 1 et 2).

Figure 1 – Vue du canon Blakely et de son châssis pivotant après récupération sur le pont de la *Fidèle*. Crédit photographique GRAN.

Figure 2 – Châssis immédiatement après récupération par les plongeurs. A noter que le châssis est posé à l'envers. Crédit photographique GRAN.

Ils furent placés par une équipe du Centre EDF de Cannes dans deux housses individuelles étanches, fabriquées sur mesure pour éviter leur séchage

durant un transport routier de plus de 1250 km. Les objets arrivèrent au laboratoire le 5 juillet 1994. Dès leur arrivée ils furent examinés en détail puis rincés et photographiés.

Traitement du canon Blakely

L'état général du canon Blakely était bon malgré quelques dommages de surface liés à la perte d'une grande partie des concrétions qui le recouvrait lors de sa récupération. La faible adhésion des concrétions marines sur les parties convexes de la fonte de fer, notamment sur le tube et culasse, explique leur décollement lors de la remontée en raison de la pression exercée par les élingues.

Figure 3 – Paul Mardikian durant l'examen du canon Blakely. On note le couvre tourillon gauche en place et guidon de visée. Des restes de bois de l'affut se trouvent sous le tourillon dans la concrétion. Crédit photographique Olivier Pohu.

D'une manière générale les concrétions autour des tourillons, de l'anneau de brague et à l'intérieur de l'âme étaient bien conservées ce qui permit

notamment de maintenir en place : l'obus, situé à une distance de 67 cm de la tranche de bouche ; le guidon en bronze fixé sur le tourillon gauche ; le couvre tourillon gauche avec sa cheville de fixation et sa clavette de fermeture ; ainsi qu'une partie du bois du châssis d'origine (Figure 3).

L'épaisseur moyenne des concrétions sur la fonte de fer était aux alentours de 3 cm alors qu'elle était sensiblement moindre, proche de 2 cm, sur le fer forgé. Ce phénomène serait lié à la présence de phosphore dans la fonte qui stimulerait la colonisation biologique et donc l'épaisseur de la concrétion (I. MacLeod, 1988).

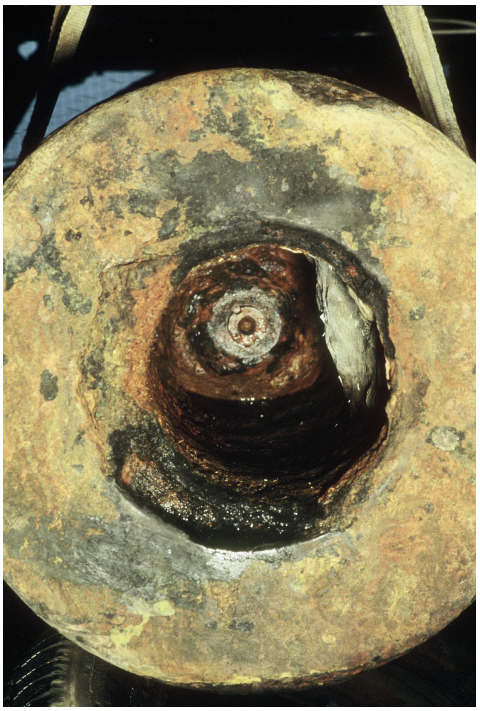

Figure 4 – Vue de l'obus concrétionné dans le fut du canon à 67 cm de la bouche. On note au premier plan en bas à gauche les premières rayures en cours de dégagement. Crédit photographique Paul Mardikian.

Le système de visée composé d'un œilleton en bronze et de son guidon, originellement vissé dans la fonte de fer sur le côté gauche de la culasse, n'a pas été conservé. Une partie de sa base concrétionnée était fracturée ce qui indique un arrachement probable au moment du naufrage. La platine de mise à feu

manquait également et, est vraisemblablement restée prise dans la concrétion qui s'est détachée au moment du hissage du canon (M. Guérout, 2019, p. 32). Par ailleurs, nous avons noté l'absence de mire de visée à l'avant du canon malgré la présence d'un pas de vis en parfait état bien qu'encombré par des produits de corrosion ferreux ce qui laisse supposer que la mire était en fer doux ou en acier et s'est complètement oxydée. La concrétion n'étant pas conservée~~,~~ ~~i~~l n'a pas été possible de vérifier cette hypothèse.

Les frettes en place autour de la culasse étaient pratiquement libres de concrétions et laissaient apparaître la fibre métallique caractéristique du fer forgé après corrosion en milieu marin, révélant, en autres, le travail de forge (M. Guérout, 2019, p. 30-32).

Le poids du canon Blakely avec les concrétions qui y adhéraient encore, l'obus et le couvre tourillon gauche mesuré à l'aide d'un dynamomètre était de 3200 kg. Ce chiffre diffère des 3800 kg indiqués dans la lettre de J.D. Bullock à Mallory (M. Guérout, 2019, p. 21). Si l'on corrige la masse du canon en soustrayant le poids du projectile, celui du couvre tourillon gauche et des restes de concrétions, soit environ 200 kg, on obtient un poids net d'environ 3000 kg ce qui représente une perte de métal de près de 800 kg. Soit une perte de plus de 20% de métal ce qui paraît possible, compte tenu des conditions de corrosion extrêmes subies par le métal~~.~~

Le bon état relatif de la surface de la fonte de fer n'était en fait qu'apparent car, en raison de sa microstructure et de la présence de graphite lamellaire – qui rappelons-le est cathodique par rapport au fer, c'est à dire plus noble que lui – permet de « tenir » mécaniquement cette couche très corrodée dont le fer a migré progressivement vers la concrétion au cours de son séjour dans l'eau de mer (Figure 5).
Cette dissolution sélective du métal s'accompagne d'une perte de poids et d'une modification des propriétés mécaniques de la fonte. Il n'est pas rare de pouvoir

rayer à l'ongle une fonte graphitée. Rappelons que cette couche graphitée revêt un intérêt archéologique important car elle est l'image la plus fidèle de la surface d'origine du métal au moment du naufrage ainsi qu'en atteste la figure 6 montrant les détails retrouvés sur le tourillon gauche après conservation. C'est donc là tout l'enjeu de la conservation de ces objets en fontes grises dont la surface peut facilement se fracturer et se séparer lors de manipulations ou de traitements de conservation.

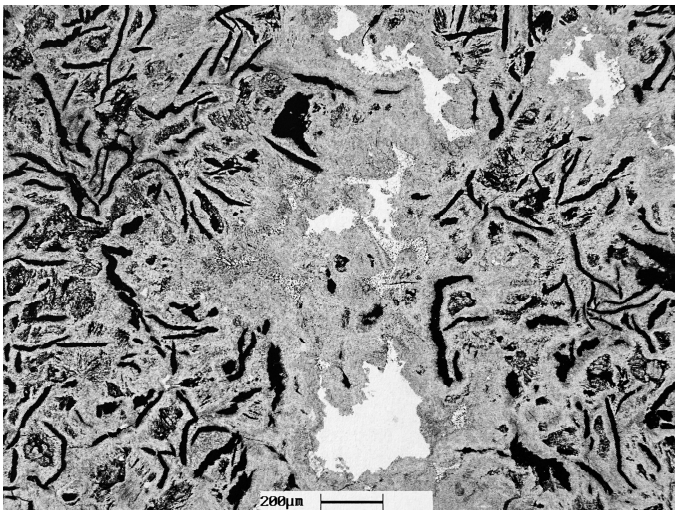

Figure 5 – Coupe métallographique observée sur un échantillon de métal prélevé au niveau de la culasse du canon Blakely présentant une microstructure de fonte grise phosphoreuse avec inclusions de graphite lamellaire. Crédit photographique Madeleine Durrand-Charre (INP Grenoble).

Ainsi, lorsque l'objet se corrode en milieu marin, la concentration en fer de l'alliage diminue progressivement pour précipiter dans la concrétion sous la forme d'oxy-hydroxydes et se mélanger avec les carbonates présents dans le milieu. Ceci est le principe général de formation d'une concrétion marine sur un objet en fer. De manière à maintenir une neutralité électrique du fait du départ du fer chargé positivement fer (Fe^{2+}/Fe^{3+}), la réaction électrochimique s'accompagne d'une augmentation proportionnelle en anions chlorure (Cl^-) à l'interface entre le métal et la couche graphitée.

Figure 6 – Inscriptions préservées sur le tourillon gauche après traitement de conservation. Crédit photographique Paul Mardikian.

L'enjeu global du traitement de stabilisation est donc de remobiliser, en sens inverse cette fois, ces chlorures par diffusion à travers la couche graphitée au moyen de bains de rinçage alcalins avec ou sans polarisation cathodique. Sans extraction de ces chlorures de fer, il est impossible d'éviter une oxydation rapide du métal et sa destruction à court terme.

Sur la base d'une dizaine de sondages effectués dans la couche graphitique externe du canon à l'aide d'une perceuse et d'un foret de 2 mm, une profondeur de graphitisation moyenne de 13 mm a été mesurée. Ce chiffre correspond à une corrosion de 0.1 mm/an sur 130 ans. A noter que ces sondages ne sont absolument pas suffisants pour refléter la variabilité et la complexité des phénomènes de corrosion sur un objet d'aussi grande dimension. En effet, la position de l'objet sur site, son degré d'enfouissement, la nature du sédiment, le contact avec d'autres métaux, les courants et marées, la température et d'oxygénation de l'eau, la géométrie du canon ainsi que la formation de concrétions, sont autant de facteurs pouvant soit réduire soit augmenter la corrosion. Il faut aussi garder à l'esprit que la plupart de ces paramètres évoluent dans le temps, que le taux de corrosion est généralement très élevé en début d'enfouissement et diminue progressivement avec la

formation de la concrétion qui isole le métal de l'oxygène dissous présent en plus ou moins grande quantité en eau libre.

On sait aussi par expérience que les parties de faible épaisseur ou les parties anguleuses telles que l'arrête des tourillons ou le bouton de brague sont attaqués par la corrosion sur plusieurs plans à la fois ce qui les rend encore plus vulnérables.

A titre préventif le canon fut rincé abondamment et les concrétions les plus épaisses retirées à l'aide d'un marteau et d'un burin. Le canon fut ensuite placé dans un bac souple rempli d'une solution à 1% en masse d'hydroxyde de sodium (pH 13), pour éviter la corrosion du métal et commencer à extraire les chlorures de fer. La décision de ne pas mettre le canon sous électrolyse à ce stade du projet reposait sur les recommandations des démineurs demandant d'éviter tout risque d'étincelle avant que l'obus soit désamorcé et extrait.

Préparatifs pour le désamorçage de la fusée de percussion

La conservation de pièces d'artilleries en fonte de fer provenant de fouilles sous-marines est souvent longue, complexe et délicate en raison de l'encombrement de l'âme par des concrétions marines denses et volumineuses et l'altération du métal dont la surface graphitée est devenue poreuse et cassante. Lorsque l'âme du canon est rayée, les problèmes sont démultipliés et, lorsque de surcroit le canon est encombré d'un obus explosif, la complexité et le risque sont fortement accrus. Généralement, le nettoyage de l'âme se fait par carottage progressif au plus près du métal corrodé puis manuellement ou par électrolyse en milieu alcalin pour éliminer les concrétions résiduelles. Dans le cas du canon Blakely, les concrétions ferreuses recouvraient l'intégralité de la surface des rayures de la bouche jusqu'au projectile. La seule approche possible fut de dégager les concrétions manuellement à l'aide d'outils fabriqués sur mesure. La figure 4 montre la première tentative de dégagement des rayures. On peut apercevoir également la tête de l'obus et la fusée de percussion en laiton positionnée à 67 centimètres de la bouche. Les risques liés à la présence d'un

obus explosif et d'une charge de poudre à l'arrière de l'obus nous obligèrent à procéder avec prudence. Un plan d'action fut mis en place en collaboration avec les démineurs du centre interdépartemental de déminage de Toulon.
La première phase des opérations consista à éliminer manuellement le maximum de concrétions de manière à accéder plus facilement à la fusée pour en prendre une empreinte précise.

Figure 7 – Vue du système de prise d'empreinte. Crédit photographique Paul Mardikian.

Figure 8 – Injection du silicone lors de la prise d'empreinte de la fusée. Crédit photographique Jean Michel Baud.

Figure 9 – Tirage en polyuréthane de la fusée permettant la fabrication de l'outil de désamorçage. Crédit photographique Paul Mardikian.

Pour ce faire, un tube PVC muni d'un joint étanche fut placé et maintenu en compression contre l'obus (Figure 7). Un silicone fluide de type Dow Corning SILASTIC™ RTV-3481 avec catalyseur standard fut injecté dans la cavité prévue à cet effet à l'aide d'une pompe à main (Figure 8). Après polymérisation du silicone, le tube PVC fut retiré avec précaution. Un tirage polyuréthane de précision fut réalisé à partir de l'empreinte silicone (Figure 9). Le tirage permit de vérifier la présence d'un pas de vis à gauche et de prendre les cotes précises nécessaires à la fabrication de l'outil de dévissage de la fusée (Figure 12).

Désamorçage de l'obus le 11 mars 1995

De manière à travailler en sécurité durant le désamorçage de l'obus, il fut décidé de transporter le canon hors du laboratoire sur un terre-plein du centre EDF du Cannet. Toutes les précautions d'usage furent prises, notamment la fabrication d'un rempart de protection, la mise en place d'un périmètre de sécurité et l'arrêt de la circulation pendant environ 15 minutes (Figures 10, 11, 12, 13).

Figure 10 – Equipe d'EDF - ARCHEOLYSE en train de préparer le transport du canon pour opération de désamorçage de la fusée. Crédit photographique Olivier Pohu.

Figure 11 – Préparation de l'opération de désamorçage de la fusée. Positionnement du canon. Crédit photographique Olivier Pohu.

Le dévissage de la fusée se déroula sans encombre malgré un léger dégazage audible au moment de l'ouverture, probablement lié à la formation d'hydrogène sulfuré à l'intérieur de l'obus. Après dépose de la fusée, un échantillon de poudre fut prélevé à l'intérieur de l'obus pour analyse puis l'obus fut noyé pour neutraliser les restes de poudre (Figures 14, 15, 16).

Figure 12 – Démineurs du centre interdépartemental de déminage de Toulon montrant le moulage de la fusée et l'outil de démontage qui va être utilisé pour cette opération. Crédit photographique Olivier Pohu.

Figure 13 – Démineurs du centre interdépartemental de déminage de Toulon en cours d'intervention. A noter, l'étrier placé sur la bouche du canon permettant de supporter et guider le mandrin dont la tête est connectée à la fusée. Crédit photographique Olivier Pohu.

Figure 14 – Vue du pas de vis de la fusée après dépose et échantillon de poudre. Crédit photographique Olivier Pohu.

Figure 15 – Vue en gros plan de la fusée après dépose. Crédit photographique Paul Mardikian.

Le canon resta humide à toutes les étapes de cette opération de désamorçage qui dura environ deux heures. Le canon fut ensuite transporté au laboratoire et replacé dans son bac de traitement, en solution alcaline d'hydroxyde de sodium à 1% en masse (Figure 17).

Figure 16 – Point presse après désamorçage de l'obus en présence de nombreuses personnalités dont le commandant Philippe Taillez. Crédit photographique Olivier Pohu.

Figure 17 – Vue du canon dans son bac de traitement après opération de désamorçage. Crédit photographique Paul Mardikian.

Le nettoyage de l'intérieur de l'âme du canon continua, manuellement de manière à dégager chacune des 9 rayures. Pour limiter l'exposition à l'air du métal durant son traitement de stabilisation, le canon était soulevé par l'avant grâce à un palan et des sangles en tissus à un angle d'environ 25 degrés ce qui permettait d'accéder à l'âme tout en gardant 75% du canon immergé dans la solution.

Des outils de plus en plus longs furent fabriqués à partir de barres plates en fer doux dont l'arrête était affutée régulièrement. Entre chaque séance de nettoyage le canon était replacé dans son bac de traitement, ce qui permettait, au demeurant d'extraire les chlorures de fer et d'aider à séparer les concrétions de la fonte de fer oxydée. Afin de ne pas endommager la fonte graphitée (des rayures ou de l'obus), ce travail délicat et fastidieux a représenté des centaines d'heures de travail réparties sur pratiquement 18 mois (Figure 18).

Figure 18 – Vue de l'âme du canon après nettoyage de la concrétion. Crédit photographique Paul Mardikian.

Malgré tous ces efforts, l'obus est resté solidement bloqué dans l'âme de la pièce. Il n'était pas possible de le faire bouger sans risquer de l'endommager. L'option consistant à utiliser une pompe hydraulique pour le pousser en comprimant un fluide par la lumière du canon – technique souvent utilisée dans l'artillerie moderne – ne fut pas retenue en raison de la solidité des concrétions

présentes autour de l'obus. Pour débloquer l'obus, il fallut dans un premier temps dissoudre les dépôts carbonatés agissant comme un ciment autour de lui, puis dans un second temps le décoller en le poussant latéralement. A cet effet, un espace libre d'environ 1,5 cm a été préalablement nettoyé sur le flanc opposé à la poussée. De manière à dissoudre la gangue carbonatée, le canon fut placé à un angle d'environ 35° puis, une solution d'acide citrique, à 10% en masse, fut préparée à chaud et versée à l'intérieur de l'âme de manière à ce que toute la périphérie de l'obus soit en contact avec la solution. A noter que l'orifice originellement occupé par la fusée fut obturé par un bouchon en silicone pour éviter la pénétration de cette solution à l'intérieur de l'obus. De manière à protéger la fonte déjà fragilisée par 130 années de corrosion marine en solution acide, le canon fut mis sous polarisation cathodique. Une anode en acier inox fut introduite dans l'âme de la pièce.

Figure 19 – Vue du canon durant traitement de l'obus à l'azote liquide. Crédit photographique Paul Mardikian.

La solution fut chauffée par l'intermédiaire d'une résistance électrique aux environs de 45°C pendant plus de 4 heures jusqu'à arrêt de l'effervescence des carbonates de calcium. Après un rinçage sommaire à l'eau chaude, l'anode fut retirée. Le canon fut rempli d'azote liquide (-196°C) dans le but d'obtenir un refroidissent rapide de l'obus et sa contraction pour fragiliser l'interface (Figure 19). Après ébullition complète de l'azote liquide, deux sections de manches de pioches en bois furent taillées en forme de coins et introduites sur le flanc de l'obus, du côté opposé à l'espace libre. Le canon fut ensuite replacé dans son bac pour la nuit.

Le jour suivant, le bois des coins ayant gonflé, l'obus commença à bouger ce qui permit d'envisager son extraction. Une tige d'acier de 10 mm de diamètre sur 50 mm de longueur, attachée en son centre par une corde, fut placée à l'intérieur de l'obus perpendiculairement à son axe et attachée à un tire-fort. Cette technique permit d'extraire l'obus en douceur, après plus de deux années et demie d'effort ! Nous avons pu constater que l'obus et son sabot en plomb étaient solidaires et remarquablement conservés. L'âme à l'arrière de l'obus était, comme nous nous y attendions, totalement dépourvue de concrétions. Des restes de poudre furent récupérés ainsi que la collerette de la gargousse de toile contenant la charge de poudre noire (Figure 27).

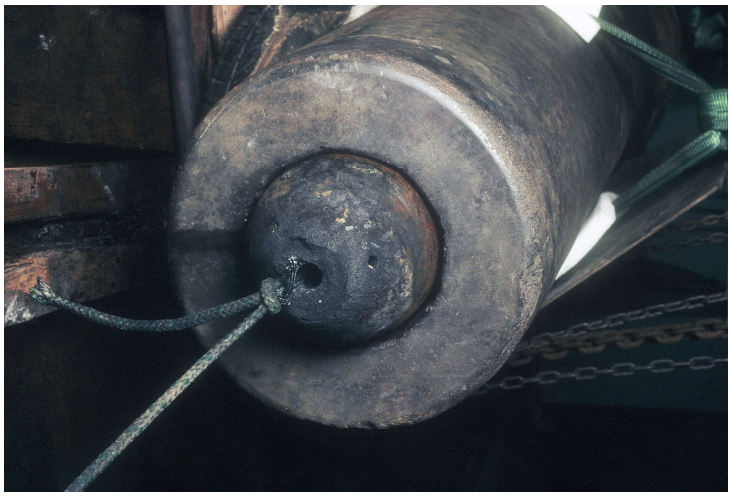

Figure 20 – Vue du l'obus au moment de son extraction. Crédit photographique Paul Mardikian.

Figure 21 – Vue du l'obus après son extraction. Crédit photographique Paul Mardikian.

Après nettoyage de l'âme, le canon fut remis en traitement dans une solution de sodium à 2% en masse. Une protection cathodique comportant une anode en acier inoxydable interne sur toute la longueur de l'âme fut mise en place. La recirculation de la solution de traitement fut mise en œuvre. L'obus et son sabot en plomb nécessitèrent une stabilisation délicate car l'adhésion entre le sabot et l'obus était telle qu'il fut décidé de ne pas essayer de les séparer et de les traiter ensemble dans une solution d'hydroxyde de sodium à 2% en masse, sous polarisation cathodique, pour éviter la dissolution du plomb en milieu alcalin (P. Mardikian, 2019).

Les restes de la gargousse furent nettoyés en solution à 5% en masse de citrate d'ammonium pendant deux semaines suivi d'un rinçage en eau

déminéralisée et séchage par lyophilisation à pression atmosphérique dans un congélateur aux alentours de -20°C (Figure 27)

Le traitement de stabilisation du canon et de son obus se poursuivit pendant environ une année et demie en remplaçant régulièrement les bains chimiques et en suivant l'extraction des chlorures par deux techniques différentes : la titration au nitrate d'argent après neutralisation de la solution et l'électrode sélective d'ions Cl^-. Une série d'échantillons de fonte de fer prélevée sur l'extérieur du canon, au niveau de la culasse, fut également analysée par microanalyse X et microscope électronique à balayage. L'objectif de cette analyse était de vérifier l'absence de chlore à l'interface entre le métal et la couche graphitée, permettant ainsi de corroborer l'analyse des solutions de traitement et de conclure que le traitement de stabilisation était bien terminé.

Traitement de finition du canon et de son obus

Une fois le métal stabilisé, le canon fut rincé pendant une période de 3 mois en eau déminéralisée chauffée à environ 30°C sous polarisation cathodique et recirculation. La surface du canon fut ensuite nettoyée à la microbille de verre (< 100 microns) à faible pression (< 1 bar) pour retrouver les détails de la fonte graphitée et les traces de sa fabrication (Figure 22). Une fois cette phase terminée et le canon entièrement nettoyé, il fut consolidé localement à l'aide d'une solution de Paraloid B.48 N à 15% (p/v) dans du toluène (Figure 23).

Une fois cette phase achevée, le canon fut mis à sécher dans une enceinte contenant 50 kg de tamis moléculaire (siliporite NK 30 B 1.6 mm) permettant une dessiccation maximale du métal avant imprégnation (Figure 24). Apres 72 h dans cette enceinte, le canon fut placé dans un sac souple contenant une résine de consolidation et de protection pendant 48 h (Rustol Owatrol par Durieux SA). A la suite de cette imprégnation à cœur, le canon fut égoutté puis séché à l'air libre et brossé toutes les deux heures pour éviter les brillances de surface. Après séchage de la surface, le canon fut recouvert de deux couches de

cire microcristalline de type Cosmoloid H suivi d'un polissage doux entre les applications (Figure 25). Le même traitement fut appliqué à l'obus à la différence que le plomb fut protégé par une couche de Paraloid B.48 N à 15% (p/v) dans du toluène suivi d'une protection par cire microcristalline Cosmoloid H (Figure 26)

Figure 22 – Nettoyage du canon à la bille de verre. Crédit photographique François Goalec.

Figure 23 – Consolidation de surface localisée avant imprégnation. Crédit photographique Paul Mardikian.

Figure 24 – Dessiccation du canon avec tamis moléculaire avant imprégnation. Crédit photographique Paul Mardikian.

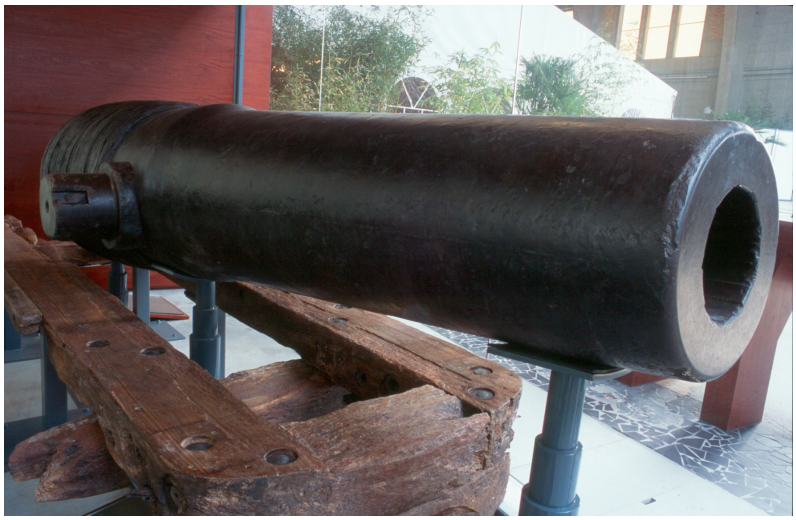

Figure 25 – Canon Blakely du CSS Alabama et son châssis pivotant propriété du Naval History & Heritage Command (USA), exposés à La Cité de La Mer (Cherbourg), après traitement de conservation. Crédit photographique Cité de La Mer / Norbert Girard.

Figure 26 – Obus avec son sabot après traitement. Crédit photographique Paul Mardikian.

Figure 27 – Collerette de la gargousse en toile après traitement. Crédit photographique Paul Mardikian.

Traitement du châssis

Le châssis pivotant fut débarrassé de son film polyéthylène protecteur et examiné en détail. La présence de concrétions ferreuses massives recouvertes d'une épaisse couche d'algues, englobant également les deux longerons et deux

traverses avant et arrière en bois, ne permirent pas d'examiner cet objet en détail avant de procéder à son nettoyage et à son démontage (Figure 2). Le châssis fut placé sous une tente avec un système d'arrosage de manière à commencer son rinçage en évitant tout séchage.

Le nettoyage du châssis fut réalisé progressivement en se référant au plan d'origine qui a servi de guide tout au long des opérations de conservation (Bowcock, 1996, p.106). La première étape a consisté à éliminer les algues et autres colonisations marines ayant trouvé refuge sur cet objet. La deuxième étape a consisté à vérifier systématiquement la présence éventuelle de parties métalliques sous les concrétions et à préserver l'empreinte des concrétions formées sur les parties en fer forgé ayant disparues, de manière à les utiliser comme moule en vue de leur reconstitution après réassemblage final.

Figure 28 – Châssis en cours de nettoyage au sous-sol du laboratoire. Crédit photographique Paul Mardikian.

Ce fut notamment le cas pour les têtes des chevilles d'assemblage en fer servant à maintenir les longerons et les traverses entre eux (Figure 31). Le bois, très érodé par le sablage généré par le courant régnant sur le site, ou protégé par des concrétions ferreuses, ne présentait aucune partie spongieuse. Cette

particularité doit être soulignée car elle est assez rare pour des bois archéologiques gorgés d'eau-; elle est aussi à prendre en compte pour expliquer la très bonne tenue du bois au séchage. La détermination de l'essence du bois du châssis réalisée à l'époque n'a malheureusement pas été retrouvée dans nos archives mais il s'agirait selon toute vraisemblance de chêne.

Figure 29 – Vue arrière du châssis en cours de nettoyage et de démontage. A noter que la traverse arrière du châssis a été déposée. Crédit photographique Paul Mardikian.

Après dépose des concrétions, le bois fut systématiquement nettoyé à l'aide d'un Kärcher aux environs de 100 bars ce qui permit de désincruster la surface de manière efficace sans pour autant abîmer le bois. Ce nettoyage permit également d'examiner les chemins de glissement en bronze ainsi que l'important renfort en fer forgé situé à l'avant du châssis. Après examen, il s'avéra que cette pièce de fer forgé était toujours attachée au châssis par six boulons en fer forgé tels qu'on peut le voir sur le dessin de Bowcock (vue de dessus).

Figure 30 – Vue du revers de la partie avant du châssis avec son renfort en fer forgé en cours de dépose. Crédit photographique Paul Mardikian.

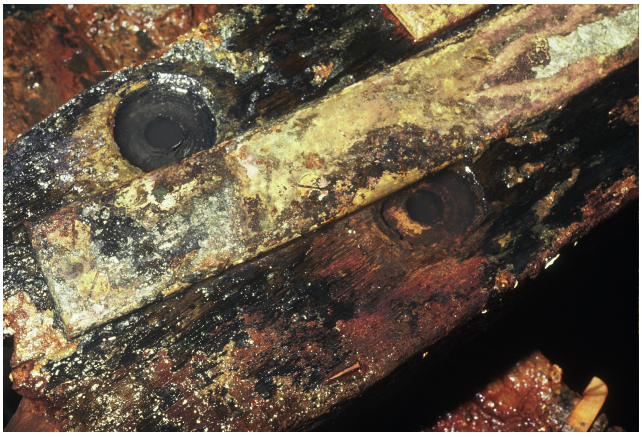

Figure 31 – Vue de détail des chemins de glissement sur la traverse arrière. A noter, la disparition des chevilles en fer forgé. Crédit photographique Paul Mardikian.

Exception faite de quelques éléments métalliques indissociables dont la cheville en fer traversant transversalement l'avant du châssis qui fut laissée en place, l'état de corrosion des fixations retenant le renfort avant et sa contre-plaque en fer forgé était tel qu'elles furent aisément chassées de leur logement ce qui a permis leur dépose pour traitement de conservation (Figures 29, 30, 31). L'état de corrosion avancé des autres éléments métalliques telles que les chevilles verticales facilita leur dépose, ces dernières ont été à l'origine forgées à chaud à même le châssis pour assembler les traverses aux longerons. Tous les chemins de glissement en bronze furent déposés sans dommage en dévissant chaque vis conservée avec un vilebrequin (Figure 32).

Figure 32 – Vis du châssis après dépose, traitement de conservation avant réassemblage des chemins de glissement. Crédit photographique Paul Mardikian.

Une fois la plate forme séparée de ses éléments métalliques, elle fut replacée sous sa tente en rinçage et nettoyage à l'eau pendant plus de six mois. Cela permit d'éliminer progressivement les dépôts ferreux. Des brossages réguliers furent effectués pour faciliter le nettoyage et la désincrustation des oxydes métalliques. Au bout de 6 mois, la surface du bois étant propre, il fut décidé de mettre le châssis en séchage lent contrôlé. Cette décision fut prise sur

la base de tests de séchage effectués sur des fragments du châssis qui confirmèrent d'une part le faible taux d'eau contenu dans le bois et d'autre part sa bonne tenue au test de séchage. De manière à permettre un séchage lent, la plateforme fut enrubannée de film polyéthylène alimentaire pendant plusieurs mois. Ce film fut ensuite perforé pour faciliter l'évaporation de l'humidité de manière graduelle. Le suivi du séchage fut réalisé à l'aide de sondes placées sous le film en différents endroits du châssis. Après un séchage d'environ une année, le châssis fut laissé à l'air libre.

Le séchage sans retrait mesurable de cet objet de grande dimension a prouvé que cette approche constituait une solution particulièrement adaptée à des bois très durs, faiblement gorgés d'eau et qu'un traitement d'imprégnation classique suivi d'une lyophilisation n'étaient pas nécessaires. Ce succès peut aussi s'expliquer par la qualité de la construction du châssis et probablement sa protection par peinture au moment de sa fabrication. Les parties métalliques trop corrodées telles que les chevilles de fer furent remplacées par des tenons en hêtre et les parties métalliques en fer forge et bronze furent ainsi rattachées au châssis (Figure 33).

Figure 33 – Paul Mardikian en cours de remontage du châssis après traitement. Crédit photographique François Goalec.

Un feuillet isolant en polyester recouvert d'une feuille d'aluminium fut placé entre chaque partie en bois et métal avant réassemblage pour éviter toute interaction entre les deux matériaux. Les boulons originaux utilisés pour attacher le renfort en fer forgé furent recouverts en leur centre par une gaine thermo-rétractable de manière à les maintenir « en force » dans leur emplacement d'origine et assurer leur rôle mécanique (Figures 34, 35, 36).

Figure 34 – Vue de l'avant du châssis montrant la partie du bois évidée correspondant à l'emplacement du renfort en fer forgé. Crédit photographique Paul Mardikian.

Figure 35 – Vue de l'avant du châssis en cours de remontage. Noter les boulons avec film thermo-rétractables avant réassemblage. Crédit photographique Paul Mardikian.

Figure 36 – Vue de l'avant du châssis à l'envers après remontage. A noter les dommages sur la droite du châssis qui semblent avoir pour origine des impacts ayant comprimé ou arraché du bois en profondeur. Cette observation n'est pas anodine car il pourrait s'agir des seules traces ou dommages tangibles infligés par l'artillerie adverse. Crédit photographique Paul Mardikian.

Les têtes de chevilles en fer – remplacées par les tenons en hêtre furent couvertes par une réplique en polyuréthane des têtes d'origine moulées d'après les empreintes laissées dans les concrétions (Figure 37). A noter que la longue cheville en fer forgé traversant l'avant du châssis de part en part, visible sur les plans de Bowcock, ne pouvant être déposée, fut traitée sur place. Les parties visibles furent rincées abondamment sous pression puis le métal fut « *microbillé* » et protégé par une couche d'acide tannique et de Paraloid B.48 N à 20% (p/v).

Figure 37 – Détail du revers de la traverse avant, après traitement et réassemblage des chemins de glissement. A noter que les têtes de chevilles d'assemblages sont des reproductions réalisées à partir de leur empreinte concretionnaire. Crédit photographique Paul Mardikian.

Figure 38 – Même assemblage que la figure 37 vu de l'arrière vers l'avant du châssis laissant apercevoir un des tenons en hêtre. Crédit photographique Paul Mardikian.

Figure 39 – Revers du châssis après conservation et réassemblage. Crédit photographique Paul Mardikian.

Conclusion

Le travail réalisé a permis de préserver et de présenter au public trois objets qui illustrent avec éclat les derniers instants du CSS *Alabama*. La mise au jour et le traitement de conservation du canon Blakely et de son châssis constituent une opération qui fera date dans le domaine de l'archéologie et du patrimoine maritime. La complexité des problèmes rencontrés dépasse largement la norme en la matière, elle a demandé de la part des différents acteurs de la détermination et une grande faculté d'adaptation pour mener à bien ce projet.

La remarquable stabilité des objets prêtés depuis plus de 20 ans par l'U.S. Naval History & Heritage Command à la Cite de la Mer de Cherbourg confirme la

validité des choix techniques et constitue un retour d'expérience de grande valeur pour le domaine du patrimoine maritime.

Ce résultat est aussi l'occasion de souligner l'importance, lors de la préparation d'une telle opération, de s'assurer du financement, des moyens humains et techniques nécessaires et de la collaboration étroite entre l'archéologue et le conservateur-restaurateur. Il importe aussi, avant la fin du traitement des objets, d'avoir un projet muséographique réaliste et cohérent pour leur présentation au public. De cette collaboration multidisciplinaire dépend la qualité des résultats scientifiques et la réussite de tels projets.

Bibliographie

BOWCOCK, A., 1996, *Guns for the Alabama*, Warship, volume XX, p168.

GUÉROUT Max, 2019, *Epave du CSS Alabama - Le canon RML Blakely*. https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02326424 .

HAZLETT James C., OLMSTEAD Edwin., PARKS Malcolm, 2004 *Field Artillery Weapons of the Civil War*, revised edition p. 196

MACLEOD Ian Donald, 1988. Conservation of Corroded Iron. In *Proceedings of Conference 28, Austrasian Corrosion Association*, Perth, Vo. 1. 2-6: 1-9.

MACLEOD Ian Donald, 2006. Corrosion and conservation management of iron shipwrecks in Chuuk Lagoon, *Conservation and Management of Archaeological Sites*, 7, 203-223.

MARDIKIAN Paul, 2019. Challenges and Solutions for Conserving Non-Separable Marine Archaeological Composite Objects. In *Metal 2019 Proceedings of the Interim Meeting of the International Council of Museums Committee for Conservation Metals Working Group, Neuchâtel Switzerland, September 2-6, 2019*. Ed. C. Chemello et al., pp. 346-353.

MARDIKIAN Paul., GONZALEZ Nestor., DREWS Michael ., DE VIVIES Philippe, 2009 a. New Perspectives Regarding the Stabilization of Terrestrial and Marine Archaeological Iron. In *Iron, Steel & Steam, Fremantle, Australia, June 26-27 2006. Special publication, Australian National Centre of Excellence for Maritime Archaeology No. 13.* Ed. M. McCarthy, pp. 113-118.

MARDIKIAN Paul., GONZALEZ Nestor., DREWS Michael ., DE VIVIES Philippe., HUNTER James, 2009 b. Searching for a Diamond in the Rust: A Review of Large-Scale Archaeological Iron Conservation Projects, 1980-2006. In *Iron, Steel & Steam, Fremantle, Australia, June 26-27 2006. Special publication, Australian National Centre of Excellence for Maritime Archaeology No. 13.* Ed. McCarthy. pp. 82-88.

MARDIKIAN Paul, 2004. Conservation and Management Strategies Applied to Post-Recovery Analysis of the American Civil War Submarine *H.L. Hunley* (1864). *The International Journal of Nautical Archaeology* 33 (1): 137-148.

MARDIKIAN Paul, 1997a. Composite gorgés d'eau: technique et éthique. Conservation-Restauration des Biens Culturels (9). pp.31-38.

MARDIKIAN Paul, 1997b. The Conservation of Two Composite Objects from the Confederate Raider Alabama (1864). Proceedings of the Conference on Historical and Underwater Archaeology. Corpus Christi. Texas, USA, 8-12 January 1997. 128-134.

MARDIKIAN Paul., et DAVID René, 1996. Conservation of a French Pistol from the Wreck of *Le Cygne* (1808). *Studies in Conservation* (41): 161-169.

Note sur l'étude métallographique

Les analyses métallographiques effectuées par Madame Madeleine Durrand-Charre (INP Grenoble), à partir d'échantillons prélevés au niveau de la culasse du canon Blakely et sur son projectile à la fin du traitement de conservation révèlent, sur le canon, une fonte grise phosphoreuse hypoeutectique dans une matrice perlitique avec de 3 et 4% de carbone, entre 1 et 2% de silicium et environ 1% de phosphore avec formation de stéadite (Fe_3P).

L'analyse métallographique de l'échantillon prélevé sur le projectile a également révélé une microstructure de fonte grise contenant autour de 4% de carbone, la présence de manganèse, silicium et de phosphore et transformation localisée de martensite qui serait indicative d'un refroidissement rapide du métal.

Il faut rappeler les limites de cette étude en raison des difficultés à prélever non pas des produits de corrosion dans les couches externe poreuses « graphitées » de l'objet, mais assez de métal pour permettre l'enrobage et le polissage des échantillons, puis leur observation et analyse sous microscopes métallographique et électronique.

L'objectif de cette analyse métallographique était de vérifier que le tube du canon était bien en fonte et non en acier. En effet, les canons Blakely étaient expérimentaux et combinaient, selon les cas, des tubes en fonte de fer ou en acier avec des frettes en fer forgé et il est très difficile, pour ne pas dire impossible, de faire cette détermination autrement qu'en prélevant un morceau de métal ou de réaliser un polissage de surface. Les résultats de cette analyse corroborent les observations empiriques des restaurateurs qui savent reconnaître la corrosion caractéristique des fontes de fer grise à graphite lamellaire en milieu marin qui, contrairement aux aciers, offrent une bonne rétention des détails de surface telles qu'inscriptions et autres détails de fabrication.

Note sur le moulage et fabrication de répliques du canon Blakely

A la suite du traitement du canon Blakely et de son châssis, le Service Historique de la Marine des Etats-Unis nous demanda si nous pouvions en faire deux répliques pour des musées américains, ce que nous fîmes en partenariat avec notre collègue René David, mouleur professionnel. L'intérêt considérable de ce travail est d'avoir non seulement capturé tous les détails extérieurs du canon et de son obus mais aussi reproduit l'intérieur de l'âme dans son intégralité (Figures 40, 41, 42, 43)

Figure 40 – Prise d'empreinte de l'intérieur de l'âme rayée du canon Blakely qui permet d'examiner avec une grande précision la chambre de combustion de cette pièce d'artillerie exceptionnelle. Crédit photographique Paul Mardikian.

Figure 41 – René David lors de la fabrication de la chape en polyester qui accueille la membrane de silicone. Crédit photographique Paul Mardikian.

Figure 42 – Paul Mardikian en train de patiner une des répliques en polyester. Crédit photographique Olivier Pohu.

Figure 43 – Canon Blakely à droite et copie conforme à gauche avec son obus.

Biographie de l'auteur

Paul Mardikian est spécialisé en conservation et restauration du patrimoine archéologique terrestre et sous-marin, objets composites, sculptures, art publique, objets scientifiques et technologiques, patrimoine industriel et militaire depuis plus de 30 ans. Il est diplômé d'Etudes Supérieurs de L'Ecole du Louvre et de l'Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne en Conservation-Restauration du Patrimoine Culturel. Paul est lauréat de la Fondation de La Vocation – Marcel Bleustein-Blanchet, lauréat de la Fondation de France – Salavin Fournier, lauréat de la Fondation Electricité de France, membre émérite du American Institute for Conservation et Membre de l'ICOM-CC – Conseil International des Musées – Comité pour la Conservation. Il est l'auteur de nombreux articles scientifiques et organisateur de conférences et d'ateliers professionnels au sein du groupe de travail METAL (ICOM-CC) et coéditeur de METAL 2010, 2013, 2016, 2018 et co-organisateur de la conférence *Aluminum: History, Technology and Conservation*, Smithsonian American Art Museum, Washington DC avril 7–11, 2014.

Projets notables incluent la conservation et restauration d'objets provenant du RMS *Titanic* (1912) ; objets provenant l'épave de la guerre civile américaine CSS *Alabama* (1864) pour le service historique de la Marine des

Etats-Unis d'Amérique; reconstitution d'outils de sculpteurs de marbre de l'épave romaine de *Porto-Novo*, Corse (début du Ier s. après J.C.) ; Epave de verre Ouest-Embiez 1 (3ème s. après J.C) ; Renflouement et conservation du sous-marin de la guerre civile américaine *H.L. Hunley* (1864); Cargaison de stèles puniques et tête en marbre de l'Impératrice Sabine appartenant au Louvre provenant du *Magenta* (1875) ; Conservation de restes de moteurs de fusées des missions Apollo 11, 12, 14, 15, 16 et 17 récupérés par plus de 4300 mètres de profondeur ainsi que les vestiges des navettes spatiales américaines *Columbia* et *Challenger*.

Remerciements

L'auteur tient à remercier tout particulièrement les personnes suivantes pour leur soutient technique et amical durant la réalisation de ce projet : Dr. Ulane Bonnel, Dr. Robert Neyland, Max Guérout, Jean-Marc Lassus, Geneviève Ceragioli, Madeleine Durrand-Charre, Virginie Brenot-Beaufrère, Jean Michel Baud, Eric Brouta, Jacky Charron, Michel Feugère et René David ainsi que les démineurs du centre interdépartemental de déminage de Toulon. Ces travaux de conservation et de restauration longs et compliqués n'auraient pas pu être réalisés sans le soutient logistique et financier de la Fondation Electricité de France et du Centre EDF de Cannes.