

# Conservation de vestiges en bois et métal de plus de 2 000 ans

*Karine Froment est ancienne élève de l'École Nationale Supérieure de Chimie de Paris et docteure ès-sciences. Elle est directrice du groupement d'intérêt public (GIP) ARC-Nucléart<sup>1</sup>, une équipe au service du patrimoine. Cette équipe, située au CEA de Grenoble, comprend un atelier laboratoire de 3 000 m<sup>2</sup> où sont étudiés les procédés de conservation et de restauration d'objets en matériaux organiques (bois, cuir...).*

## 1 Présentation d'ARC-Nucléart

La structure ARC-Nucléart est née dans les années 1970 de l'idée d'utiliser des techniques nucléaires pour consolider et traiter le patrimoine culturel. Localisée sur le site du CEA (Commissariat à l'énergie

atomique) de Grenoble, elle est à la fois un atelier conservation/restauration des matériaux organiques et un laboratoire de recherche.

Les objets traités par ARC-Nucléart sont majoritairement en bois et en cuir, parfois composés de fibres végétales (paniers, nasses en osier), et parfois composites (composés de plusieurs matériaux comme bois et métal) (**Figure 1**).

1. Atelier de Recherche et de Conservation Nucléart : [www.arc-nucleart.fr](http://www.arc-nucleart.fr).

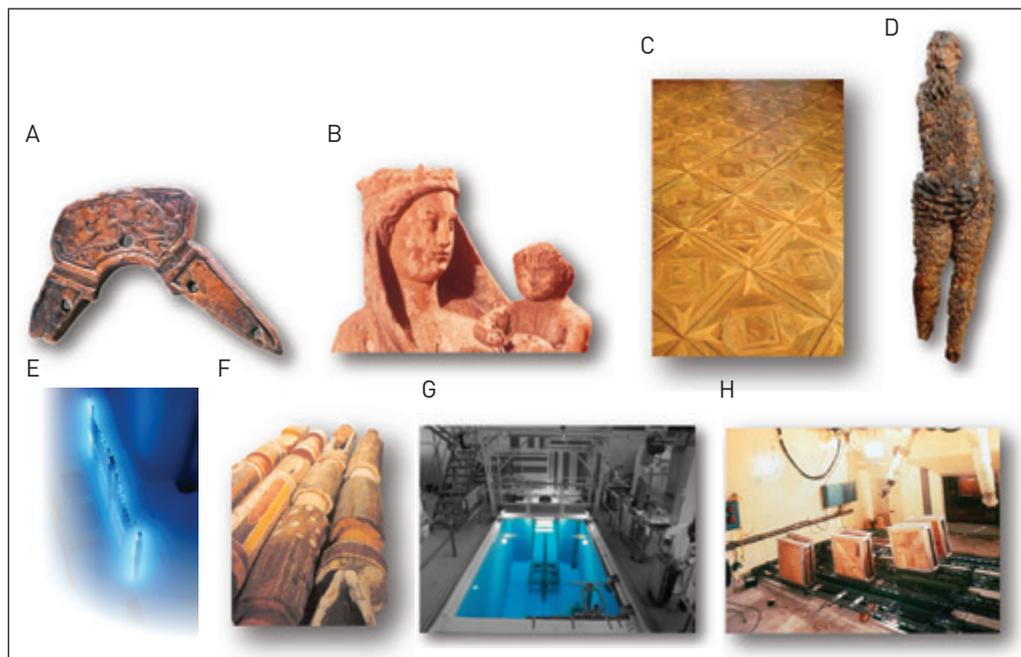


Figure 1

ARC-Nucléart traite une grande diversité de patrimoine (objets antiques gorgés d'eau, statues, mobiliers) à l'aide de ses techniques nucléaires. A) Arçon de selle, Chevalier paysan de l'an mil, Paladru ; B) Vierge à l'Enfant, <sup>xiv</sup><sup>e</sup> siècle, Flavigny ; C) L'Homme Sauvage, <sup>xvi</sup><sup>e</sup> siècle, Musée Dauphinois, Grenoble ; D) Totems australiens, Musée des arts océaniques et africains, Paris.

Source : ARC-Nucléart.

Figure 2

L'équipe d'ARC-Nucléart montre quelques-unes des différentes facettes de ses métiers : étudier et consolider.

Source : ARC-Nucléart.



L'équipe, au total dix-neuf personnes, est composée de six conservateurs-restaurateurs, d'un régisseur des collections, de scientifiques (analyses, traitements, recherche...) et de personnel administratif (Figure 2). Le « conservateur du patrimoine » d'ARC-Nucléart est garant des nombreuses collections qui sont traitées et restaurées à l'atelier. Les équipements permettent de traiter des objets de grande taille, ce qui est rare en Europe (Figure 3).

## 2 Le défi du chaland d'Arles-Rhône 3

Ce chapitre raconte l'histoire du chaland d'Arles-Rhône 3, et,



**Figure 3**

ARC-Nucléart bénéficie d'un site de travail au cœur de la région grenobloise.

Source : ARC-Nucléart.

« chemin faisant », fait appel à des notions simples de chimie ou de physique pour expliquer d'une part les phénomènes de dégradation qui se sont déroulés au sein du bois pendant la durée de son enfouissement, et d'autre part les principes des procédés de consolidation utilisés.

### 2.1. Contexte de la mission de prélèvement

Il s'agit d'un chaland, daté de l'époque gallo-romaine (de la fin du premier siècle de notre

ère) trouvée dans le Rhône, à côté d'Arles. La décision de son prélèvement et de sa restauration a été prise fin 2010, dans le cadre de l'exposition à Marseille-Provence capitale Européenne de la culture devant avoir lieu en 2013. La construction d'une nouvelle aile dans le musée départemental d'Arles Antique, destinée à accueillir le bateau, date aussi de 2010. C'était un vrai défi de prélever ce bateau et de l'installer au musée dans le délai de trois ans qui était fixé (**Figure 4**).

**Figure 4**

*L'histoire d'Arles-Rhône 3 illustre le travail d'ARC-Nucléart tout au long du projet, du prélèvement au musée. « Fin 2010 : décision de relever une épave du Rhône en vue de sa restauration et sa présentation au public dans une aile du musée départemental Arles antique spécialement construite pour l'accueillir, délai 3 ans... ».*

Source : photo : ©R. Benali/ Studio Atlantis, Mdaa/CG13.

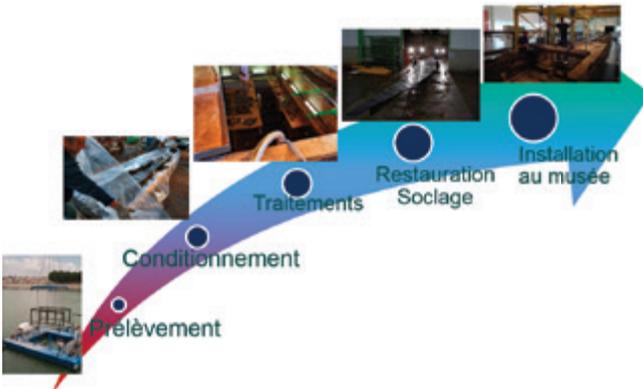
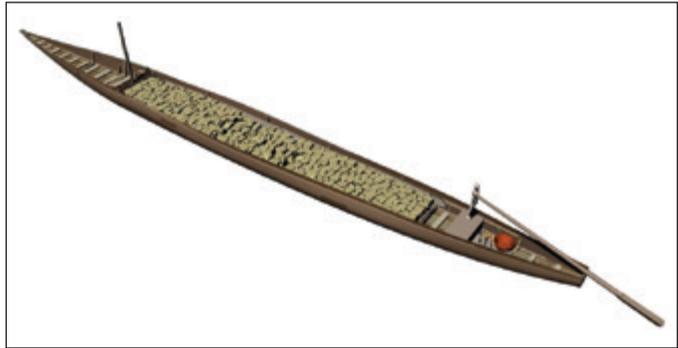


Figure 5

Le modèle 3D du chaland reconstitué pour en comprendre la structure, est le premier pas vers la définition d'une stratégie de restauration.

Source : ARC-Nucléart.



## 2.2. Extraction du chaland de l'eau

La **Figure 5** montre le modèle 3D reconstitué du chaland.

Les dimensions du bateau sont données sur la **Figure 6**. Il mesure un peu plus de 30 mètres de long et 2,5 à 3 mètres de large. Pour son prélèvement, il a été découpé en dix sections de 3 mètres. ARC-Nucléart a été associé à toutes les équipes qui ont participé au prélèvement, parmi lesquelles des archéologues, conservateurs-restaurateurs, en particulier l'équipe du musée d'Arles.

Des châssis métalliques ont été conçus pour être glissés sous chacune des sections, afin d'en effectuer le relevage (**Figure 7**).

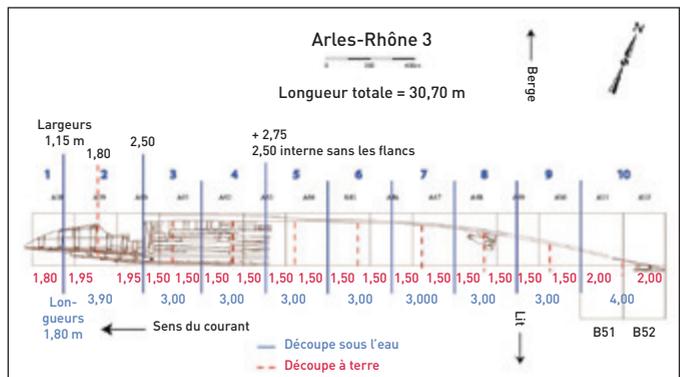
La **Figure 8** montre des images de la découpe du bois sous l'eau. Ces conditions sont très difficiles pour les archéo-plongeurs, qui n'ont pas beaucoup de visibilité sous l'eau en raison de la remise en suspensions des sédiments au moindre mouvement !

La **Figure 9** montre le chantier de relevage et de prélèvement qui a été installé sur les bords du Rhône. La plateforme bleue va permettre de faire descendre les châssis sous l'eau, puis d'effectuer le relevage section par section. En surface, des archéologues, ainsi qu'une partie de l'équipe d'ARC-Nucléart, sont là pour accueillir les bois de la section en relevage.

Figure 6

Le plan de découpe de l'épave illustre la difficulté logistique à remonter à la surface une structure de 30 mètres de long.

Source : ARC-Nucléart.



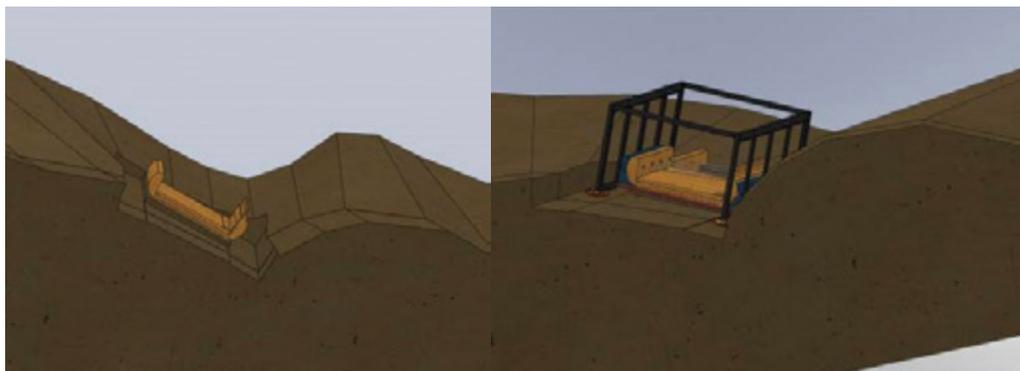


Figure 7

La modélisation assistée par ordinateur permet le dimensionnement du châssis de relevage.

Source : O'Can/Ipso Facto.



Figure 8

Les archéo-plongeurs doivent découper le bois directement sous l'eau dans des conditions de visibilité et de mobilité réduites.

Source : T. Seguin/Ipso Facto/MDAA/CG13.



Figure 9

Le prélèvement nécessite la construction d'un chantier de relevage sur les bords du Rhône et d'une plateforme flottante.

Source : T. Seguin/Ipso Facto/MDAA/CG13.



Figure 10

Le déplacement des sections de bois après le relevage doit s'effectuer promptement.

Source : R. Benali/Studio Atlantis/MDAА/CG13 ; T. Seguin, O'Can-Ipso Facto, MdAa/CG13.

### 2.3. La préservation du bois après sa sortie de l'eau

Après la sortie de l'eau de chaque section (Figure 10), l'objectif essentiel est d'éviter que ce bois ne sèche pour éviter qu'il ne se déforme. Il faut d'abord le nettoyer ; la Figure 11 montre une archéologue au travail.

La phase suivante consiste à démonter autant que possible

les différents éléments de chaque section pour pouvoir les conditionner. Ils sont arrosés, enveloppés dans des films plastiques pour éviter qu'ils ne sèchent, puis conditionnés : ils sont emportés sans attendre vers l'atelier ARC-Nucléart, situé à Grenoble. Là, ils sont dans un tout premier temps replongés dans l'eau (Figure 13).

Figure 11

Les archéologues doivent conserver les sections de bois humide.

Source : R. Benali/Studio Atlantis/MDAА/CG13 ; T. Seguin, O'Can-Ipso Facto, MdAa/CG13.





**Figure 12**

*Le conditionnement du bois passe par son emballage dans des films plastiques après humification.*

Source : R. Benali/Studio Atlantis/CG13/Mdaa.



**Figure 13**

*Le transport doit s'effectuer dans un laps de temps court afin de conserver le bois humide.*

Source : R. Benali/Studio Atlantis/CG13/Mdaa.

### 3 Le procédé de préservation du bois pendant le séchage

#### 3.1. Altération du bois au cours d'un séchage naturel

Pourquoi faut-il absolument empêcher le bois de sécher ? Le diagramme de la **Figure 14** montre que dans un bois « moderne », par opposition au bois archéologique, il y a de l'eau libre qui peut circuler dans les fibres du bois et de l'eau appelée « eau liée », car liée plus intimement à la

structure moléculaire du bois. On peut facilement retirer ou apporter de l'eau libre dans un bois classique, sans en modifier la structure. En revanche, faire partir l'eau liée provoque un phénomène de retrait de fibres et entraîne donc une déformation réversible de la structure du bois.

Sur la **Figure 15** est représenté un bois gorgé d'eau (BGE) de manière très schématique, et on ne s'intéressera alors qu'à l'eau libre. Lorsqu'ils sont découverts lors d'une fouille,

Figure 14

Le diagramme du cycle de séchage du bois illustre l'impact du départ des eaux libre et liée sur le bois et donc l'importance de conserver le bois humide.

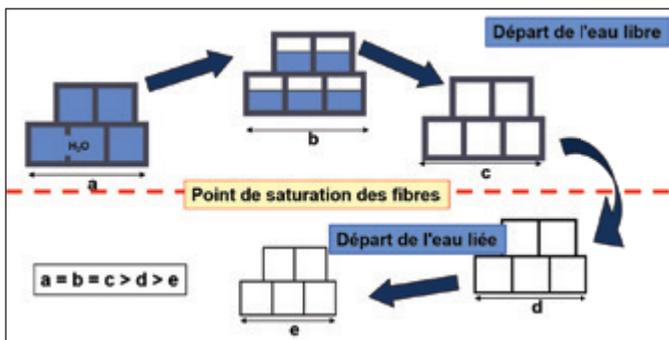
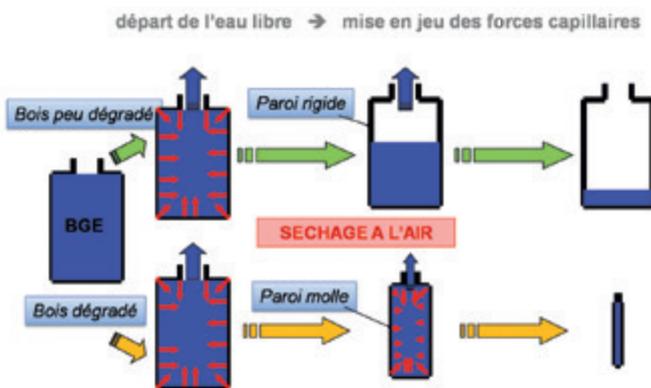


Figure 15

Principe de l'effondrement cellulaire. Le bois gorgé d'eau (BGE) est sujet au risque d'effondrement cellulaire au cours du départ de l'eau liée lorsque ses parois sont devenues molles par dégradation naturelle.



les bois se sont dégradés sous l'action des micro-organismes présents dans le sol ou dans l'eau pendant des centaines, voire des milliers d'années, et ont perdu au moins partiellement deux de ses polymères constitutifs, la cellulose<sup>2</sup> et l'hémicellulose. Reste essentiellement la lignine, le polymère qui constitue les parois primaires des cellules du bois, et qui, parce que gorgé d'eau (eau libre), conserve en partie au moins sa forme externe. Selon le taux de dégradation du bois, qui lui-même dépend des conditions d'enfouissement, on a affaire à un objet qui comporte jusqu'à 60-80 % en poids

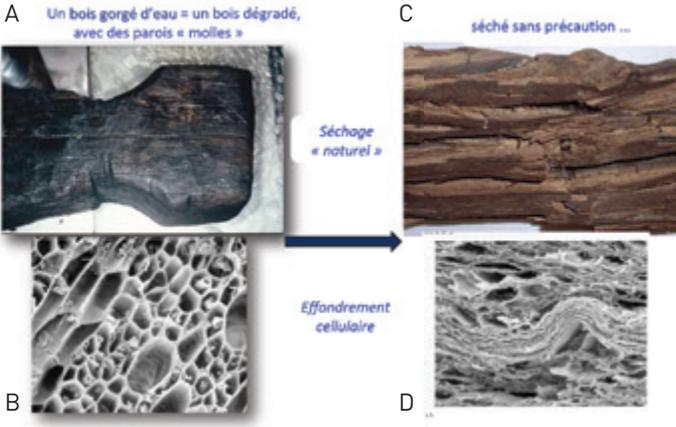
2. Cellulose : polymère de glucose constitutif des parois des cellules du bois.

d'eau, et des parois cellulaires qui ont perdu leur rigidité.

Le risque est donc très grand, si on laisse sécher ces objets naturellement, d'observer un effondrement des parois cellulaires : ces parois n'ont plus la résistance mécanique nécessaire pour supporter les forces capillaires provoquées par le départ de l'eau. Macroscopiquement, l'objet se déforme alors de manière irréversible (Figure 16).

Si le bois est peu dégradé, ce qui arrive plus rarement, les parois sont encore relativement rigides et le contenu en eau peut être diminué, donc l'objet séché, sans trop en modifier la forme externe.

La Figure 16 illustre ce phénomène : la Figure 16A est une

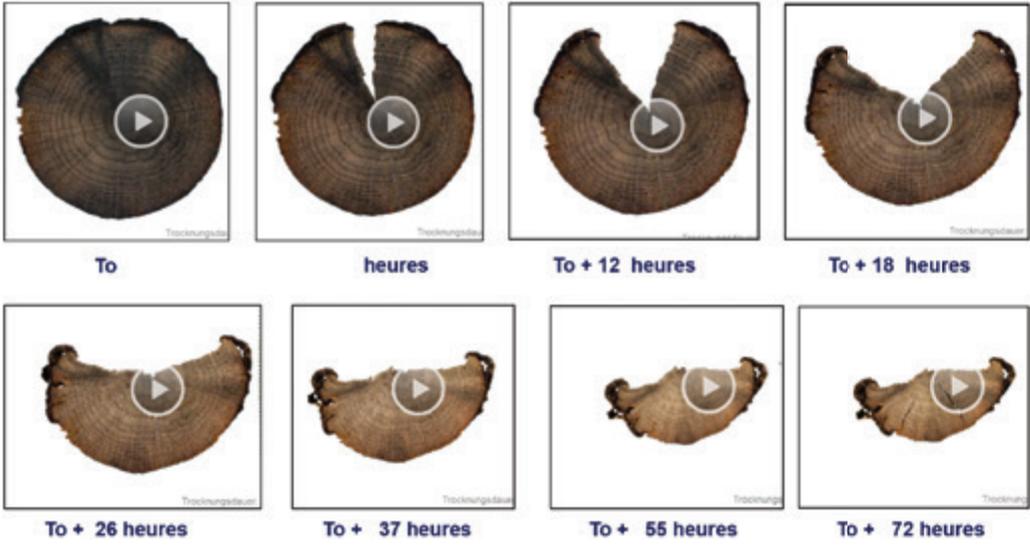


**Figure 16**

A) Le bois gorgé d'eau est souvent un bois dégradé avec des parois molles ; B) le microscope permet d'observer la structure cellulaire du bois gorgé d'eau ; C) le séchage naturel d'un bois gorgé d'eau provoque dans la majorité des cas un effondrement cellulaire et donc la détérioration de sa structure macroscopique ; D) la structure cellulaire du bois après séchage à l'air observé au microscope prouve l'effondrement de ses cellules.  
Source : ARC-Nucléart.

photo d'un morceau de bois gorgé d'eau. La **Figure 16B** est l'image au microscope électronique à balayage (MEB) d'une coupe transversale aux fibres du bois. Cette structure est remplie d'eau. Quand le bois est séché sans précaution, il se produit le phénomène d'effondrement cellulaire visible sur la **Figure 16D**, une déformation macroscopique du bois

observable sur la **Figure 16C**. Un séchage sans précaution peut conduire à l'éclatement du bois et des pertes de volume supérieures à 50 % ! Citons un autre exemple : la **Figure 17** montre une rondelle de bois gorgée d'eau qui a séché naturellement à l'air ; on voit ce qu'elle est devenue au bout de 72 heures. Il est indispensable d'agir pour



**Figure 17**

L'étude chronologique d'une rondelle de bois gorgée d'eau séchée à l'air libre pendant 72 heures permet de suivre macroscopiquement son effondrement cellulaire.

Source : Musée Central Romain-Germanique de Mayence.

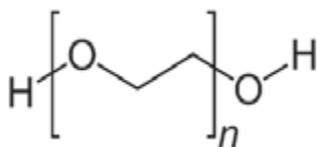


Figure 18

La structure du polyéthylène glycol, par la présence d'atomes d'oxygène peu encombrés, est favorable à la création de liaisons hydrogène avec l'eau et donc à leur miscibilité.

permettre de conserver et donc sécher les objets en bois gorgés d'eau sans les déformer.

### 3.2. Procédé de séchage du bois archéologique

Pour éviter l'effondrement cellulaire, il est nécessaire de consolider les parois cellulaires : on réalise tout d'abord une imprégnation du bois par une résine soluble dans l'eau, le polyéthylène glycol<sup>3</sup> (PEG) (Figure 18). Les bois des sections du chaland, après démontage, sont installés sur des plateaux que l'on immerge dans des cuves de tailles variables (Figure 19). ARC-Nucléart dispose entre autres d'une grande cuve de 12 mètres sur 6 adaptée aux objets de grandes dimensions. On augmente progressivement

la concentration de résine dans ce bain qui, petit à petit, par diffusion, pénètre dans la structure du bois. Ce processus dure huit mois environ, pour être certain que la résine ait pu pénétrer jusqu'au cœur de l'objet.

Au bout de ces huit mois, environ 35 % de l'eau a été remplacée par de la résine. Pour éliminer l'eau restante dans les objets sans qu'ils ne se déforment, on utilise la technique de la lyophilisation. L'objet est d'abord congelé à -30 °C, puis placé sous vide pour provoquer la sublimation de la glace : il s'agit d'une évaporation à partir de la glace sans repasser par la phase eau-liquide afin d'éviter les déformations des cellules liées au départ de l'eau liquide.

ARC-Nucléart dispose de lyophilisateurs de grandes tailles qui permettent d'accepter les plateaux sur lesquels sont disposés les objets en bois imprégnés de résine. Ce séchage dure environ un mois à un mois et demi, en fonction du volume des objets à sécher (Figure 20).

3. Polyéthylène glycol : polymère dont le monomère est l'éthylène glycol (utilisé dans le liquide de refroidissement des voitures par exemple), qui est utilisé comme gélifiant dans l'industrie cosmétique.



Figure 19

Les ateliers d'ARC-Nucléart présentent l'avantage de disposer de grand espace pour des équipements tels que des cuves de grandes dimensions où l'équipe peut développer ses techniques de conservation.

Source : ARC-Nucléart.



**Figure 20**

ARC-Nucléart dispose d'un système de lyophilisation sur site lui permettant d'éliminer l'eau des sections de bois imprégnées de PEG sans déformation importante de l'objet.

Source : ARC-Nucléart.

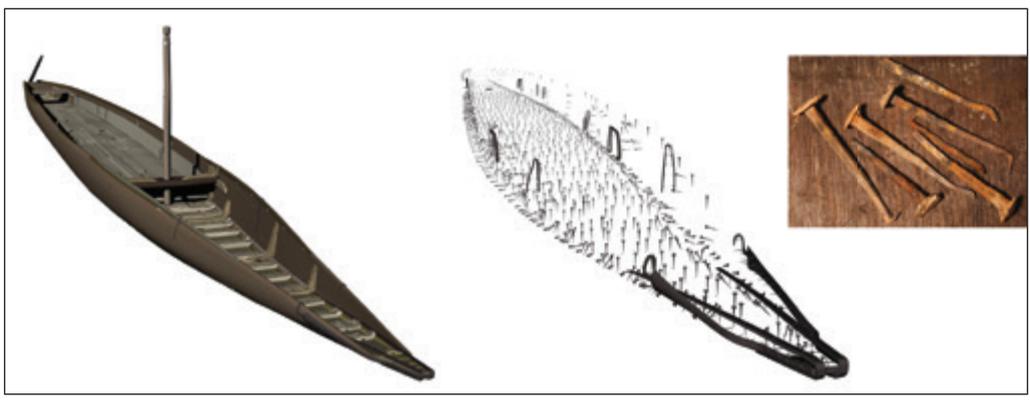
## 4 Cas de la présence de clous en fer

### 4.1. Effet de la pyrite sur le patrimoine

Le chaland Arles-Rhône 3 était assemblé par une grande quantité de clous, quelques-uns en cuivre mais beaucoup d'autres en fer (Figure 21). Ces clous en fer, découverts après le relevage du bateau, étaient problématiques car à l'origine de phénomènes d'acidification bien connus sur d'autres épaves archéologiques. Pendant l'enfouissement, des bactéries sulfato-réductrices

permettent la formation de sulfures de fer, dont la pyrite<sup>4</sup> (Figure 22), qui peut devenir instable et s'oxyder lors de la remise de l'objet à l'air ambiant, après consolidation du bois. Cette oxydation produit à la fois des concrétions de sulfate de fer, dont le volume est supérieur à celui du sulfure de fer – et va donc le déformer – et de l'acide sulfurique. L'acidification provoque une attaque du bois qui peut se

4. Pyrite : espèce composée de disulfure de fer  $S_2Fe$  qui s'oxyde, en milieu humide, en acide sulfurique et oxyde de fer.



**Figure 21**

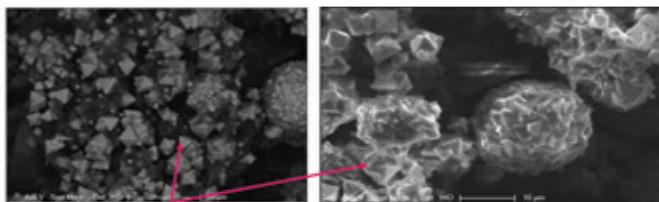
Les 2 000 clous de fer retrouvés ont été incorporés à la reconstruction en 3D.

Source : A Corros expertise.

Figure 22

L'utilisation de microscope permet d'observer des cristaux de pyrite.

Source : ARC-Nucléart.



- Cristaux de Pyrite (Fe<sub>2</sub>S<sub>3</sub>) formés pendant que le bois était enfoui, en milieu anaérobie
- À l'air + humidité, la pyrite se déstabilise
  - Formation d'acide sulfurique et d'oxyde de fer

Attaque du bois, efflorescences acides

→ Taches blanches en surface

→ Dégradations internes non visibles

Concrétions d'oxydes

→ Déformations, fissures

traduire par la présence d'efflorescences blanches après séchage, comme l'illustre l'image du coffre présenté sur la **Figure 23**, et qui détruit peu à peu l'objet.

Le traitement préventif et curatif de ces phénomènes est un sujet sur lequel travaillent de très nombreux ateliers de restauration dans le monde.

d'acide sulfurique. Le musée de Stockholm, dans lequel est exposé le navire de guerre royal du 17<sup>e</sup> VASA (**Figure 24**), a décidé de changer de système de climatisation et de contrôler le nombre de visiteurs : il s'agit d'une mesure permettant de limiter ou fortement ralentir la progression de l'acidification du bateau, puisque celle-ci avait déjà commencé en 2 000.

Figure 23

Coffre présentant des efflorescences. Les traces blanches correspondent à l'attaque du bois par des espèces acides à la suite de l'oxydation de la pyrite en milieu humide.

Source : ARC-Nucléart.



#### 4.2. Comment réduire le risque de dégradation lié à la présence de pyrite

On sait que l'humidité relative de l'atmosphère du lieu d'exposition ou de stockage joue un rôle important, soit pour éviter, soit pour limiter la formation



Figure 24

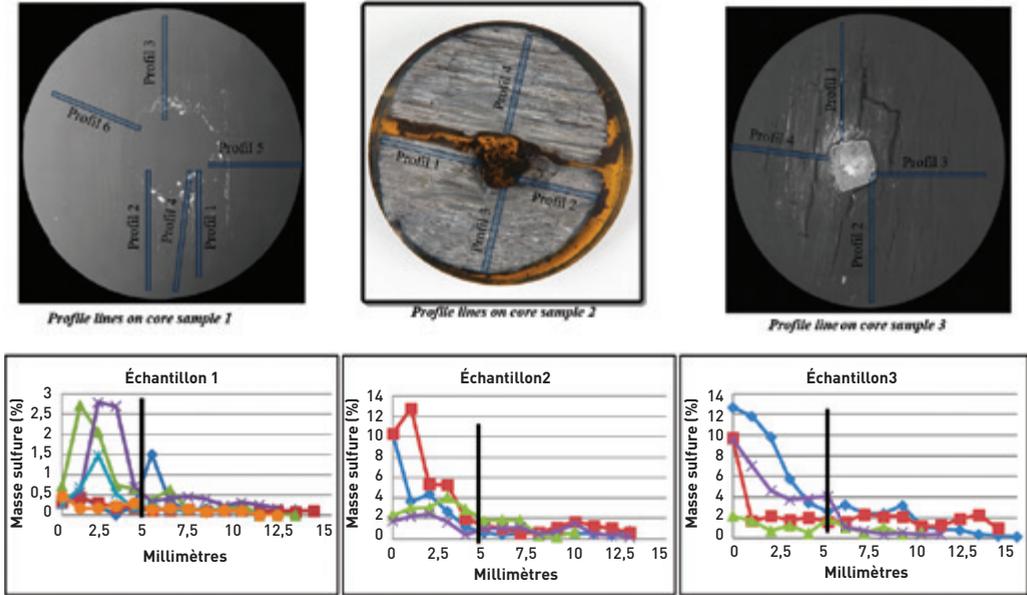
Le VASA a été préservé de la progression de l'acidification due à la déstabilisation des produits soufrés grâce au contrôle drastique de l'atmosphère du musée.

Source : ARC-Nucléart.

Une solution préventive est, si la présence de pyrite est détectée, d'en diminuer la quantité, et si possible de l'éliminer. Dans le cas du chaland Arles-Rhône 3, les analyses ont montré la présence de pyrite au voisinage des

trous des clous sur une profondeur de 5 mm (**Figure 25**).

Il a donc été décidé de cureter le bois pour enlever de la matière sur cette épaisseur autour des clous (**Figure 26**). En raison de la présence de plus de 2 000 clous,



**Figure 25**

Le dosage de la pyrite sur plusieurs échantillons de bois permet la détermination de la profondeur de contamination par la pyrite et donc la zone optimale à retirer pour protéger le bois.

Source : A-Corros Expertise, ©R. Benali/CG13/Mdaa.



**Figure 26**

Le curetage du chaland est nécessaire pour retirer les zones de pyrite à risque.

Source : ©R. Benali/CG13/Mdaa.

cette partie du travail de restauration a été considérable.

## 5 Deuxième étape de consolidation du bateau par le traitement original d'ARC-Nucléart

Le traitement de consolidation du bois par imprégnation de résine polyéthylène glycol, suivi du séchage par lyophilisation (*Figure 27*), peut ne pas être suffisant pour consolider le bois. Sur la proue du navire qui avait dû subir de nombreux chocs lors de la navigation, la grande fragilité du bois, même après la première consolidation, nous a conduit à réaliser une consolidation complémentaire par le traitement historique de l'atelier appelé « traitement Nucléart » (*Encart : « L'irradiation Gamma »*).

Ce traitement consiste à imprégner la partie concernée, après séchage, d'une résine composée d'un polymère dissout dans un solvant (le polyester dans du styrène), par un procédé vide-pression : l'objet est placé dans une enceinte dans laquelle on réalise un vide primaire, puis on introduit la résine qui recouvre l'objet à imprégner, avec une légère surpression pour que la résine pénètre à cœur dans le bois. Après ouverture de cette enceinte et un essuyage soigné de la surface, l'irradiation gamma<sup>5</sup> permet de faire polymériser et durcir cette résine (*Figure 28*). ARC-Nucléart est

5. Rayonnement gamma : onde électromagnétique de très haute énergie, très haute fréquence (>  $3.10^{16}$  kHz).

**Figure 27**

*L'imprégnation du chaland par une résine composée de styrène et polyester est la première étape du procédé développé par ARC-Nucléart.*



**Figure 28**

*Le durcissement des polymères présents dans le bois s'effectue par exposition au rayon gamma.*

Source : R. Benali/Studio Atlantis/CG13/Mdaa.



## L'IRRADIATION GAMMA

Le rayonnement gamma est un rayonnement électromagnétique de même nature que la lumière, mais transportant beaucoup plus d'énergie que la lumière visible (**Figure 29**).

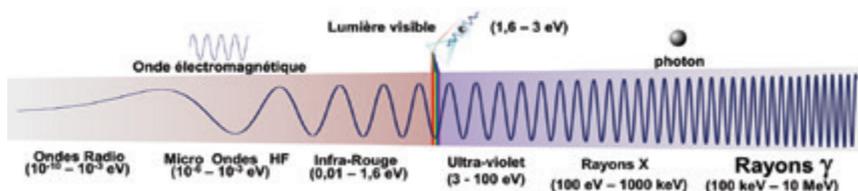


Figure 29

Le spectre en énergie des ondes électromagnétiques situe le rayonnement gamma comme le plus énergétique.

Quels sont les effets de ce rayonnement ? Il est ionisant et a donc la capacité d'arracher des électrons à la matière (**Figure 30A**), ce qui peut faciliter certaines réactions chimiques, notamment créer des radicaux libres (**Figure 30D**). C'est ce qui se passe lors de l'irradiation du mélange de styrène et de polyester utilisé dans le traitement Nucléart, qui constitue une résine radio-polymérisable.

L'irradiation gamma permet aussi, grâce à ses effets biologiques, d'avoir un pouvoir biocide sur des organismes vivants, et donc de réaliser des désinfestations : on peut ainsi stopper les dégradations engendrées par les ennemis du bois en tuant les insectes xylophages (qui mangent le bois) et leurs œufs ou larves, ou en détruisant les spores des champignons (moisissures, pourritures) (**Figure 30C**) via des doses adaptées.

C'est un rayonnement très pénétrant (**Figure 30B**) donc très intéressant à utiliser pour des objets de volume important, ou par exemple des objets emballés dans des caisses.

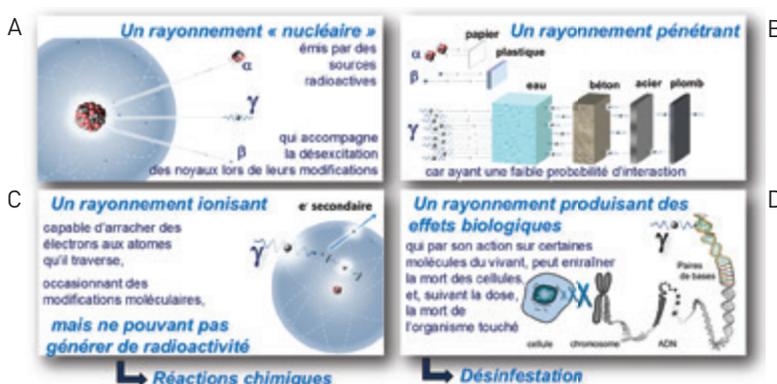
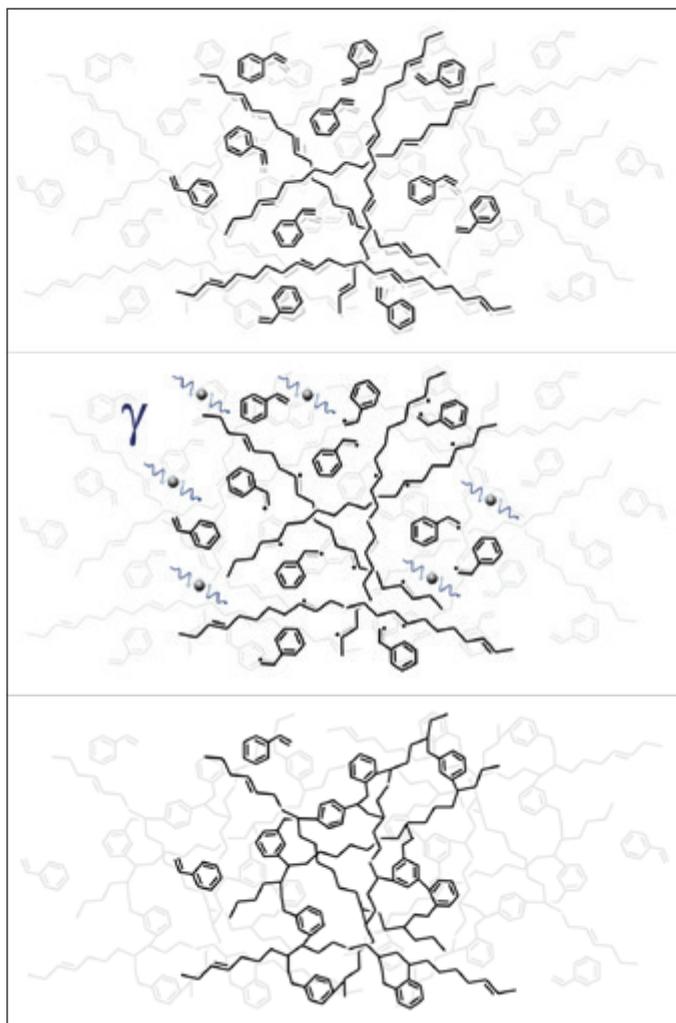


Figure 30

A) Si les rayonnements alpha et beta sont des émissions de particules, le rayon gamma est une onde électromagnétique de très haute énergie ; B) le rayonnement gamma est capable de pénétrer de nombreux types de milieux comme l'eau, le béton ou le bois sur des profondeurs importantes ; C) l'énergie du rayon gamma provoque l'ionisation des particules et permet donc de déclencher des réactions chimiques ; D) l'énergie du rayon gamma peut provoquer la destruction des cellules, ce qui lui confère des propriétés biocides.

Source : ARC-Nucléart.



**Figure 31**

Le rayonnement gamma permet d'ioniser des molécules de styrène, ce qui va déclencher la polymérisation de ce dernier avec le polyéthylène.

Source : ARC-Nucléart.

le seul laboratoire au monde à réaliser ce traitement, même si quelques équipes étrangères l'expérimentent sur des objets de petites dimensions.

La **Figure 27** montre le positionnement de la proue du bateau imprégnée de résine styrène-polyester dans la cellule d'irradiation.

Le polyester est une longue molécule et le styrène un monomère de nettement plus petite taille. Le rayonnement permet de former des radicaux

libres, en particulier au niveau des doubles liaisons présentes dans ces molécules, qui réagissent ensuite entre elles. Elles vont s'organiser pour former un réseau tridimensionnel, qui se traduit par un durcissement de la résine présente dans tout le volume de l'objet, et donc une consolidation à cœur du bois (**Figure 31**).

## 6 La reconstitution du bateau en vue de l'exposition

Après la consolidation de tous les bois du chaland, il est possible de procéder à la restauration à proprement parler, mais aussi à la conception et la réalisation d'un support : en effet, les bois restent fragiles et ne peuvent pas être assemblés entre eux, c'est le support qui va permettre de les présenter en position dans la configuration souhaitée (**Figure 32**). Arc-Nucléart fait appel, pour des supports de ce type, à des bureaux d'études et chaudronniers spécialisés.

La construction du support se fait petit à petit : d'abord une plaque plane pour supporter la sole du bateau, puis le remontage du bateau sur ce support, et simultanément les opérations de restauration consistant à recoller, assembler les morceaux de bois entre eux (**Figure 33**).

Quand le travail de restauration et de remontage sur le support est terminé à l'atelier, il est nécessaire de démonter à nouveau l'ensemble : en effet, le support doit être peint, puis l'ensemble, bois et support, transporté et remonté dans la toute nouvelle aile du musée

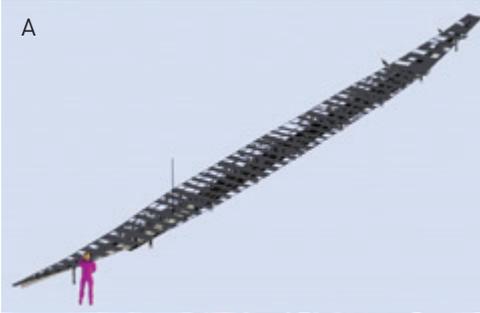


Figure 32

Conception et réalisation d'un support permettant d'exposer le bateau.

Source : A) i-concept ; B, C) CIC-ORIO.

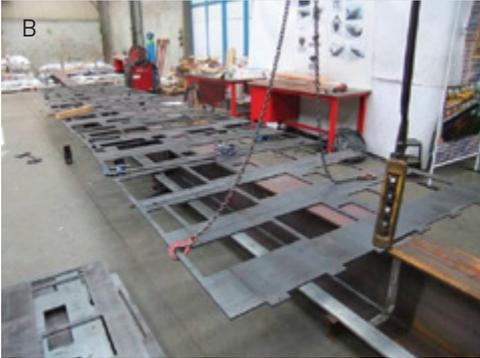


Figure 33

La restauration du chaland passe par un travail minutieux de reconstitution d'un puzzle géant.

Source : ARC-Nucléart.

d'Arles (**Figures 34 et 35**). Le bois est consolidé, certes, mais reste encore fragile : pour terminer les opérations

de restauration, on accède au milieu du bateau par des nacelles en jouant un peu les acrobates (**Figure 36**).



**Figure 34**

Le bateau et le support sont d'abord montés puis démontés dans les ateliers d'ARC-Nucléart avant d'être transportés au musée.

Source : ARC-Nucléart.



Figure 35

*L'ensemble bateau et support est à nouveau assemblé au musée pour préparer son exposition.*

Source : ARC-Nucléart.

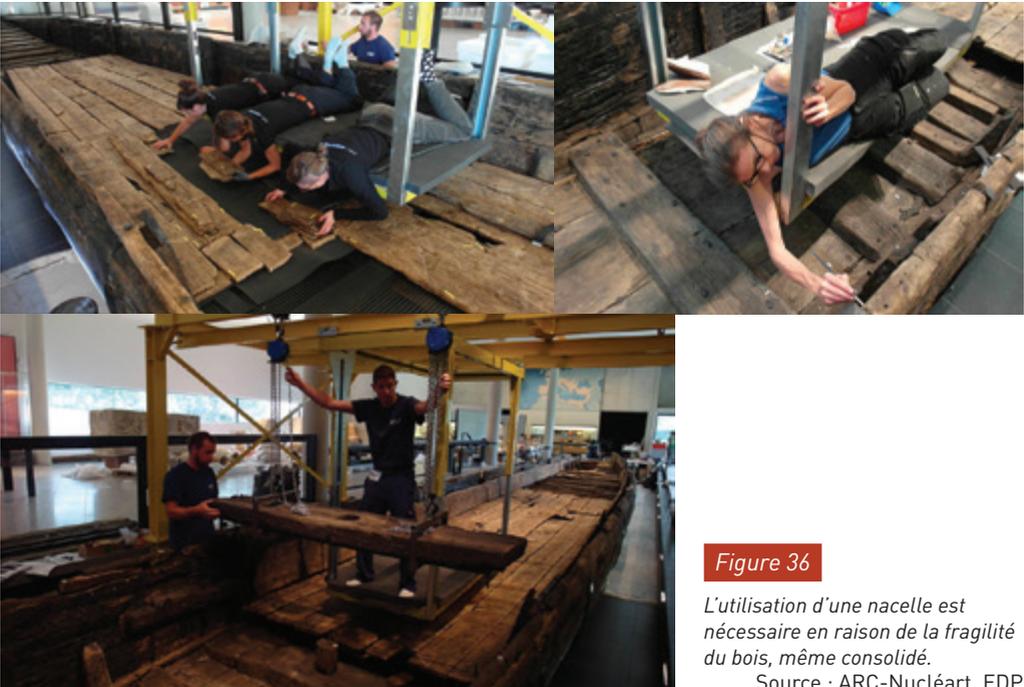


Figure 36

*L'utilisation d'une nacelle est nécessaire en raison de la fragilité du bois, même consolidé.*

Source : ARC-Nucléart. EDP

## La réussite d'un chaland gallo-romain ressuscité !

L'inauguration de la reconstitution du chaland Arles-Rhône 3 a eu lieu le 4 octobre 2013 : le délai des 3 ans était tenu (**Figure 38**) ! Cela avait représenté un énorme défi ; de nombreuses personnes ont travaillé sur ce bateau dans les locaux d'ARC-Nucléart et de notre sous-traitant, venant renforcer l'équipe de restaurateurs. Les techniques les plus modernes, en particulier les techniques d'irradiation, ont encore montré leurs performances.

L'équipe d'ARC-Nucléart a bien d'autres projets, et s'attelle en particulier à un autre bateau qui a suivi le même parcours mais dans un temps un peu plus long ; c'est également un grand chaland gallo-romain, appelé Lyon Saint-Gorges 4, et qui sera d'ici quelques années installé à l'ex-Musée gallo-romain de Lyon (qui s'appelle maintenant Lugdunum).

### Figure 37

Inauguration le 4 octobre 2013  
de l'exposition du chaland d'Arles-  
Rhône 3.

Source : ©R. Benali/Studio  
Atlantis, Mdaa/CG13.

