

## LE VIRTUEL POUR CAPITALISER NOTRE PATRIMOINE TECHNIQUE ET INDUSTRIEL

*Est-il possible de « rebâtir » le patrimoine technique et industriel par les outils virtuels de l'ingénieur d'aujourd'hui et pour quels enjeux ? Perspectives de développement et métiers nouveaux*

---

### **Michel Cotte**

Centre François Viète  
Université de Nantes  
cotte.michel@orange.fr

### **Florent Laroche**

IRCCyN - LUNAM  
Ecole Centrale de Nantes  
florent.laroche@irccyn.ec-nantes.fr

---

#### **1. Point de vue scientifique**

Dans la liste du patrimoine mondial, les biens à caractère technologique ou scientifique commencent à occuper une place significative. Ils constituent un champ nouveau nécessitant une réflexion élargie à d'autres compétences. Il n'est pas possible de bien comprendre ses valeurs par la seule étude de son architecture et de ses paysages, même complétée d'une histoire économique et sociale approfondie. Par exemple, comment aborder la question de l'intégrité fonctionnelle d'un bien de ce type ? Comment en rendre compte ? Comment compiler l'information technoscientifique le concernant ? Comment comprendre et restituer la dynamique de processus techniques souvent arrêtés voire à l'état fossile ? Comment gérer sa maintenance et le restaurer en termes techniques ? Est-il possible de le restituer virtuellement dans sa fonctionnalité ? Est-il possible de transmettre aux générations futures les éléments nécessaires à sa reconstruction éventuelle ainsi que de transmettre les savoir-faire nécessaires à son maintien en fonctionnement ?

Ces questions nécessitent des compétences nouvelles pour pouvoir être traitées convenablement, dans le cadre de ce que nous proposons d'appeler une « Archéologie industrielle avancée ». Il existe aujourd'hui des outils numériques d'ingénierie adaptés à la conception des objets techniques, des machines et des ensembles productifs qui peuvent s'appliquer à ces biens du passé, c'est-à-dire au patrimoine technoscientifique de l'Humanité. Leur usage peut en effet partir d'un objet patrimonial réel, d'une machine ancienne, d'un instrument d'autrefois, d'un ensemble archéologique à caractère technique, d'une documentation archivistique, etc. La démarche de numérisation permet d'enregistrer dans un premier temps les données de volume et de dimensions, d'inventorier les pièces présentes et leur environnement matériel, d'étudier

les conditions du mouvement cinématique concernant cet « objet – machine ». L'approche devient ici pluridisciplinaire : l'ingénieur et le mécanicien coopèrent avec l'historien et l'archéologue pour s'assurer d'une compréhension de l'objet technique ou de la machine dans son contexte, tant technique qu'ergonomique et social. L'objectif est alors de réaliser une maquette numérique synthétisant les aspects matériels de l'objet / machine associée à une base de connaissances sous une forme numérique contenant l'ensemble des données documentaires et archivistiques le concernant (plans, archives, documentation technique et d'usages, témoignages socio-économiques, iconographie, représentations, etc.). Cette étape de synthèse par la reconstruction fonctionnelle et la numérisation des données associées forme ce que nous convenons d'appeler le « dossier d'œuvre patrimonial numérique » de l'objet – machine.

Les outils industriels modernes couramment dénommés « réalité virtuelle », « réalité augmentée » ou « rétro-conception » apportent des possibilités nouvelles que les professionnels de la conservation et de la mise en valeur de ces patrimoines ne peuvent plus ignorer. Des champs complètement nouveaux s'offrent pour l'analyse de ces biens, pour leur description statique et dynamique, pour la compilation de l'information tant technique, scientifique que contextuelle, ainsi que pour leur interprétation et ce, pour de nombreux usages possibles.

En premier lieu, la synthèse obtenue par les outils numériques vient combler les lacunes traditionnelles du patrimoine technique et industriel : machines et procédés de production qui ont généralement perdu leur intégrité fonctionnelle et, souvent, leur intégrité structurelle. Un dossier d'œuvre numérique achevé permet alors de restituer une compréhension dynamique de l'objet – machine, dans des conditions scientifiques liées à la qualité des logiciels utilisés, comme ceux de la Conception

Assistée par Ordinateur (CAO). Ces derniers, en particulier, assurent un haut degré d'exigence pour l'aspect statique et structurel, mais aussi pour la dynamique et les lois physiques qui régissent le fonctionnement et l'usage passé de ce type de patrimoine matériel. Les techniques numériques des sciences pour l'ingénieur réintroduisent la temporalité des machines et des outils de productions légués par le patrimoine industriel : la temporalité propre du fonctionnement de l'objet / machine, la durée du processus de production, le temps social de la relation homme machine, etc. Par rapport aux simples images volumiques des logiciels d'architecture, elles apportent à l'interprétation du patrimoine une dimension supplémentaire, celle du temps, par la restitution des mouvements authentiques de la machine. Elles aboutissent aussi à la possibilité d'une aide directe à la conservation, à la restauration de ces patrimoines, voire à la reconstitution complète des objets / machines et de leurs usages permettant de comprendre les flux gérés par le processus (humains, matériels, énergies, produits...).

Des compétences et des formations nouvelles sont nécessaires, des possibilités d'application et de mise en valeur intéressantes se font jour tant pour l'interprétation des biens que pour la pédagogie de la formation tant des historiens de la matérialité que des élèves ingénieurs appelés à maîtriser les environnements complexes à partir de la connaissance de situations de patrimoine technique du passé.

Comme en témoigne les deux cas d'études scientifiques résumés ci-dessous, il nous semble fondamental de prendre en compte les objets du patrimoine technoscientifique aussi bien dans la formation des élèves ingénieurs que dans celle des étudiants en histoire et dans les formations à la conservation du patrimoine. Cette question de la place de ces nouvelles compétences dans le développement et l'approfondissement de la connaissance du patrimoine techno-industriel devient alors une vraie interrogation déontologique pour laquelle il est nécessaire d'envisager une forme de labellisation de ces pratiques numériques d'un type nouveau.

### **Une expérience menée avec l'entreprise DCNS : le Canot à vapeur de 1861**

Un des projets en cours est actuellement mené en partenariat avec la société DCNS sur le site d'Indret (44, France) spécialisée dans la production de navires à propulsion nucléaire.

Il y a quelques temps, les archivistes de DCNS ont retrouvés un plan d'un bateau à vapeur construit en 1861 qui aurait servi à faire des essais de propulsion d'hélices. Il mesurait dix mètres de long. L'objectif pédagogique fixé était de pouvoir expliquer son fonctionnement mais également de pouvoir comprendre son dimensionnement ainsi que

les choix techniques réalisés à l'époque et sa place dans l'évolution des bâtiments militaires réalisés ensuite sur le site d'Indret.

Ce travail d'archéologie industrielle a tout d'abord regroupé des historiens des techniques travaillant sur les archives et, en parallèle, une première étude a permis de comprendre la partie échange thermique et sa machine à vapeur.

Les étudiants ont ensuite eu comme tâche de réaliser la maquette numérique à partir d'un unique plan d'ensemble restauré, en utilisant à titre expérimental le logiciel de Dassault Systèmes Catia V5. De plus, des connaissances externes rassemblées par les historiens ont permis de comprendre et de modéliser les détails invisibles du plan (intérieurs des injecteurs, pompes...) et connaître les matériaux utilisés. Ces précisions sont obtenues à travers les rapports d'essais de ce prototype ou les correspondances avec le ministère de la marine, celle-ci donnant par exemple la puissance approximative de la machine, mais aussi les commandes réalisées (marque de l'injecteur, matériaux), qui, croisées avec d'autres documents anciens permettent d'obtenir une définition précise des sous-ensembles cachés du plan.

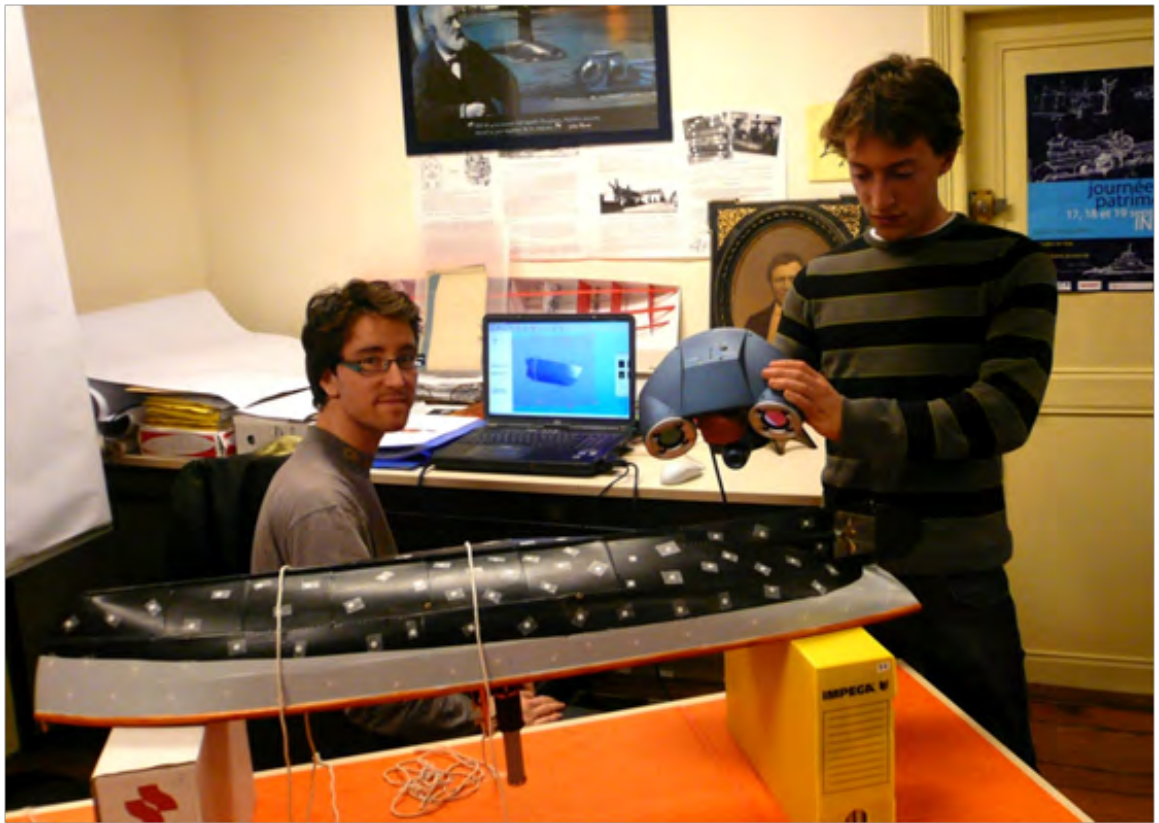
Enfin, une maquette à l'échelle 1/10 a été réalisée par un maquettiste spécialisé dans la navale. Aussi, afin de valider les hypothèses réalisées jusqu'alors, grâce à la technologie Handyscan, les étudiants ont :

1. numérisés la maquette physique à l'échelle 1/10
2. réalisés le post-processing nécessaire
3. effectués une comparaison topographique du modèle numérisé et du modèle numérique CAO

L'objectif étant de valider la conception physique et la conception virtuelle de l'objet.



Figure 1. Maquette réelle et maquette virtuelle



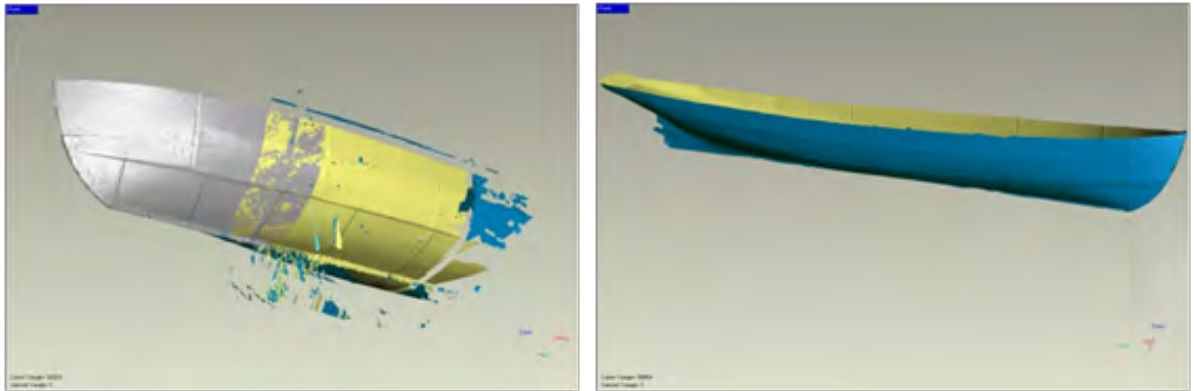


Figure 2. Numérisation 3D

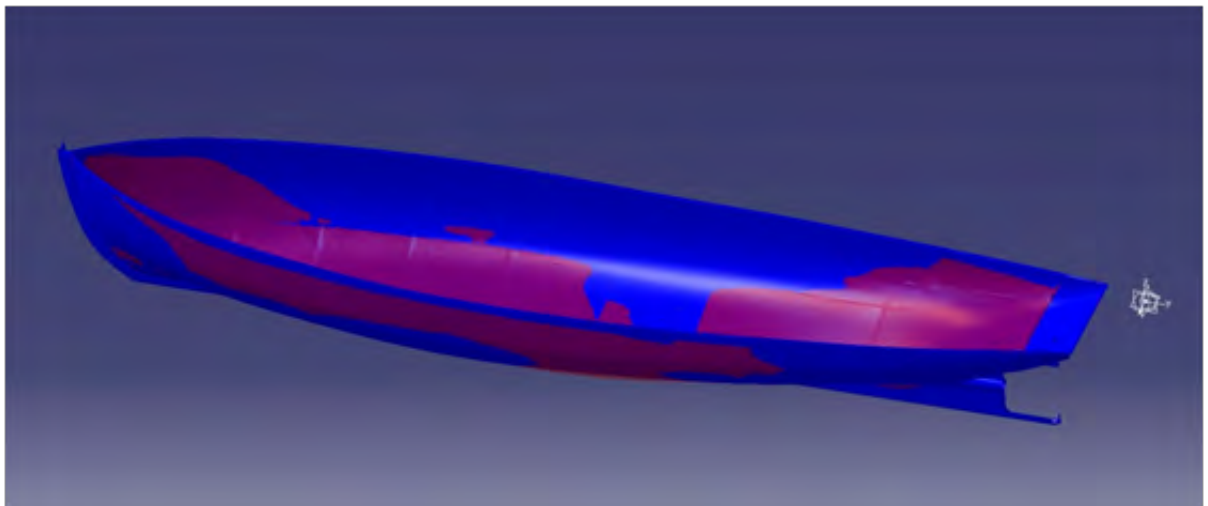


Figure 3. Comparaison topographique entre la maquette virtuelle et la maquette réelle numérisée

### Une machine unique : la laverie à sel de Batz-sur-Mer

Par ailleurs, de nombreuses autres expériences ont été ou sont menées dans le cadre de la conservation numérique du patrimoine technique et industriel par les outils du virtuel. C'est le cas de cette étude ayant débutée il y a 20 ans suite à une rencontre fortuite avec un objet technique industriel : une machine artisanale du XX<sup>ème</sup> siècle. Il s'agit d'une des dernières laveries à sel de la Presqu'île Guérandaise. Celle-ci fait partie du parcours muséographique du futur Musée de France des Marais Salants de Batz-sur-Mer (44, France). Notre démarche de conservation et d'investigation pour comprendre cet objet a alors permis de répondre à de nombreuses questions : Comment sauver cet objet mobilier fait de métal et de bois et fortement détérioré par le sel ? Comment fonctionnait-il ? Quelle était sa capacité de traitement ? Pourquoi laver le sel de Bretagne ?

Comment l'utilisait-on ? Pourquoi le lavage s'est-il arrêté et pourquoi commercialise-t-on aujourd'hui du sel gris ? Mangerait-on de nos jours du sel impropre ? La prise en compte d'un Système Technique complet dans ses multiples contextes socio-économico-technico-industriel a alors permis de comprendre les évolutions des valeurs transmises par ce produit de consommation courante : le Sel.

Plusieurs étapes ont été nécessaires : photographies, croquis, dessins d'architectes, numérisation globale par théodolite à balayage laser et enfin, complétude de la reconception par l'utilisations du Handyscan 3D pour les zones de détails non accessibles avec les autre technologies : pales des vis d'Archimède retrouvés sur un établi, maillons de la chaîne à godets...



A ces fins, un processus d'aide à la décision du choix pour la numérisation 3D a été mis en place. En effet, le nombre de technologies existantes sur le marché est sans cesse croissant. Aussi, il convient de se poser un certains nombres de questions afin d'opter pour la bonne technologie comme le temps dont on dispose, la précision souhaitée, la taille de l'objet... De plus, dans le cadre d'une opération sur des objets patrimoniaux, il est souvent rencontré des difficultés supplémentaires liées par exemple à la non possibilité de déplacer l'objet, de le toucher, de l'exposer à un rayonnement...



Figure 4. Vues de detail de la machine

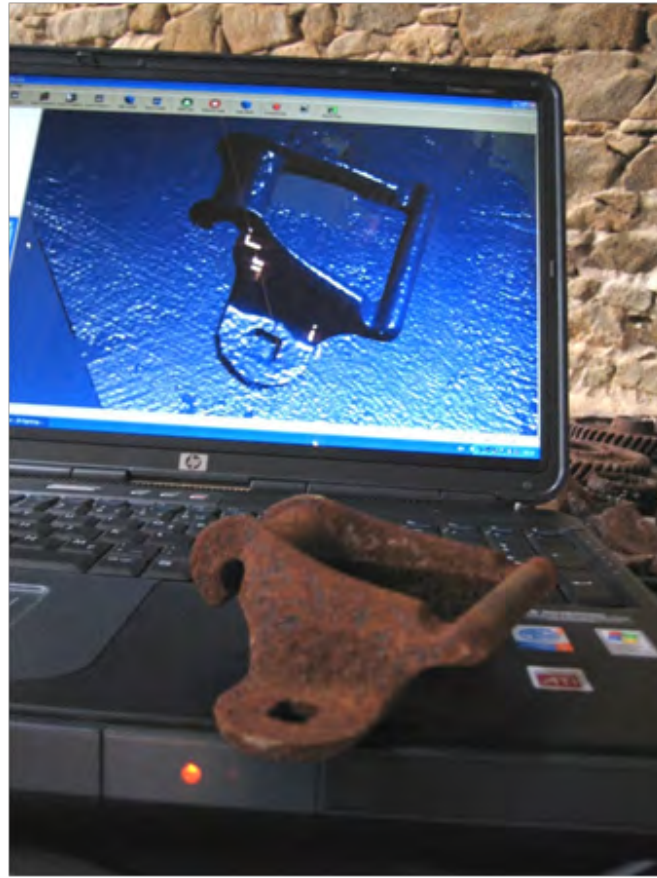


Figure 5. Numérisation 3D de détail

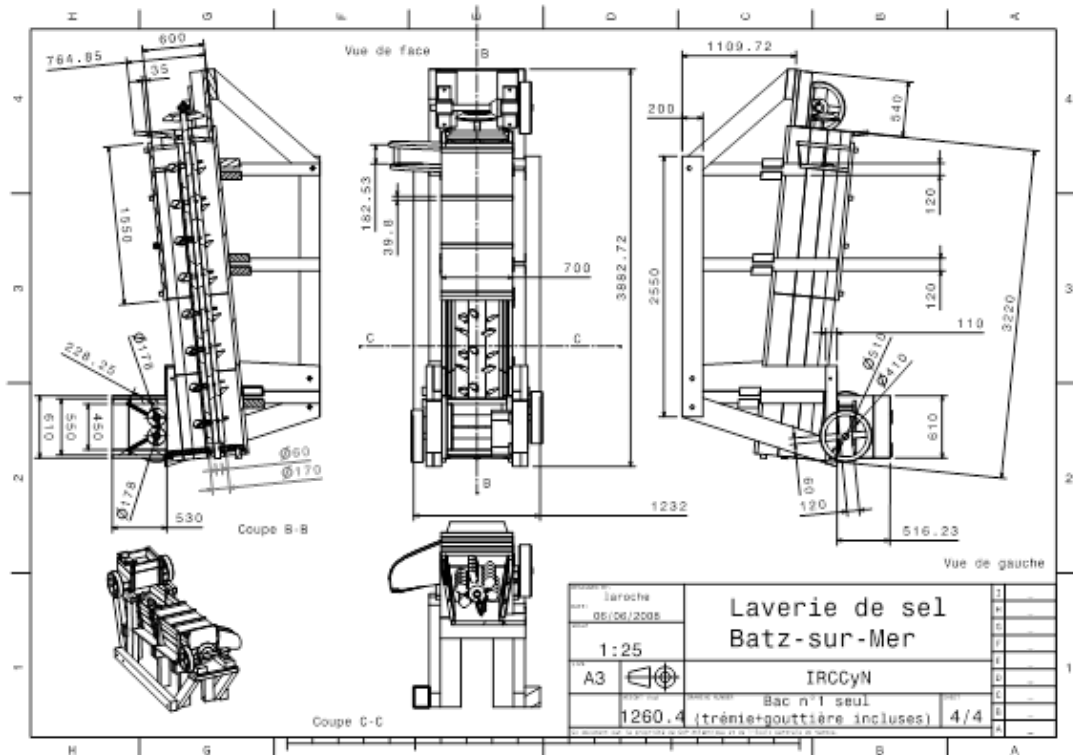


Figure 6. Plan technique d'un des bacs

Actuellement cette reconception sert de base de travail aux choix muséographiques qui ont été effectués quant à la refabrication à l'échelle 1:1 de cette machine à laver le sel.

Pourtant, après démontage par les artisans, la machine a été réassemblée tant bien que mal dans les ateliers des menuisiers. Ainsi, en complément des plans 2D et de la maquette virtuelle, le travail de refabrication a pu débuter. L'équipe est composée :

- de menuisiers pour la grande majorité de la machine,
- d'un fontainier pour la tuyauterie en plomb,
- d'un ferronnier pour les pièces mécaniques.

Les cœurs de métiers œuvrant sur la reconstruction ont alors réellement démontrés un engouement certain pour ce travail peu commun. De plus, revendiquant la culture du compagnonnage, ils ont su apporter et transmettre à toute l'équipe scientifique et muséographique leur patrimoine technique que l'on peut qualifier de « vivant ». Ainsi, durant les 6 mois de travaux, la maquette virtuelle a pu être enrichie par les connaissances et savoir-faire apportés par les artisans.



Figure 7. Confrontation des 2 machines : 100 ans les sépare !