

## Numériser le XIX<sup>e</sup> siècle

### L'ÉCOLE CENTRALE DE NANTES

L'École Centrale de Nantes est une école scientifique de haut niveau. Au fil des ans, elle a acquis une solide réputation et est devenue une grande École d'ingénieurs généralistes, comme l'attestent les emplois actuellement occupés par ses 11 000 diplômés et la reconnaissance de sa formation par les entreprises.

Centrale Nantes a une vocation de formation d'ingénieurs et de centre de recherche et d'études industrielles. Elle peut, à la demande des entreprises, mener des études industrielles sur des thématiques enseignées à l'école. Ces études sont assurées par des élèves-ingénieurs au sein des laboratoires de recherche et sous la tutelle des directeurs des unités de recherche.

### ARCHÉOLOGIE INDUSTRIELLE AVANCÉE ET MUSÉOGRAPHIE VIRTUELLE

Le domaine de la muséographie numérique est en plein développement depuis plusieurs années, mais l'évolution actuelle tend à s'orienter vers les systèmes et ensembles industriels anciens, afin d'enrichir les moyens d'accès à l'histoire des techniques par une mise en situation virtuelle d'un visiteur. Dès lors, les outils des Sciences pour l'ingénieur peuvent être « détournés » de leur fonction première et



être utilisés à des fins de reconception de machines physiques. C'est donc dire que les méthodes de numérisation 3D et de reconception de surfaces sont un moyen possible de situer la machine dans son contexte.

### LE PROJET ÉDUCATIONNEL

Une équipe de l'ÉCN a fait l'étude d'une machine industrielle ancienne, au cours de laquelle une méthode de rétroingénierie a été utilisée afin de numériser les caractéristiques techniques d'objets industriels et pour acquérir des connaissances et un savoir-faire essentiels à la contextualisation des cycles de vie.

Comprendre une vieille machine technique peut être chose facile pour d'anciens travailleurs, mais cela peut s'avérer difficile et très délicat pour les curateurs de musée ou les visiteurs de ces musées. Par ailleurs, l'utilisation de connaissances techniques anciennes peut permettre la création de



nouveaux produits. C'est dans l'optique « Penser l'avenir » que l'équipe a mené sa recherche. Cependant, au lieu de travailler avec des objets modernes, le point de départ était les objets techniques appartenant au passé.

## HYPOTHÈSE D'ÉTUDE

En tenant compte du fait que la préservation et l'entretien des objets physiques sont des processus très coûteux pour les musées, et que le démantèlement des pièces est parfois impossible à cause de l'état avancé de décomposition, l'équipe a opté pour une approche axée sur une nouvelle finalité : la préservation de la machine en tant qu'objet numérique.

Par conséquent, l'utilisation des technologies virtuelles peut constituer un véritable avantage pour les visiteurs et les curateurs. La réalité virtuelle est un nouvel outil de médiation : contrairement aux vidéos et grâce à l'interactivité, le processus opérationnel est simplifié. Le visiteur n'est plus que le simple spectateur d'une exposition, il en devient l'acteur. Puisqu'il est « immergé » dans le système, il lui est possible de tester les limites de la machine virtuelle. De plus, le niveau de détail présenté par l'outil de médiation peut être adapté pour cibler un public précis, et ainsi donner vie à la machine.

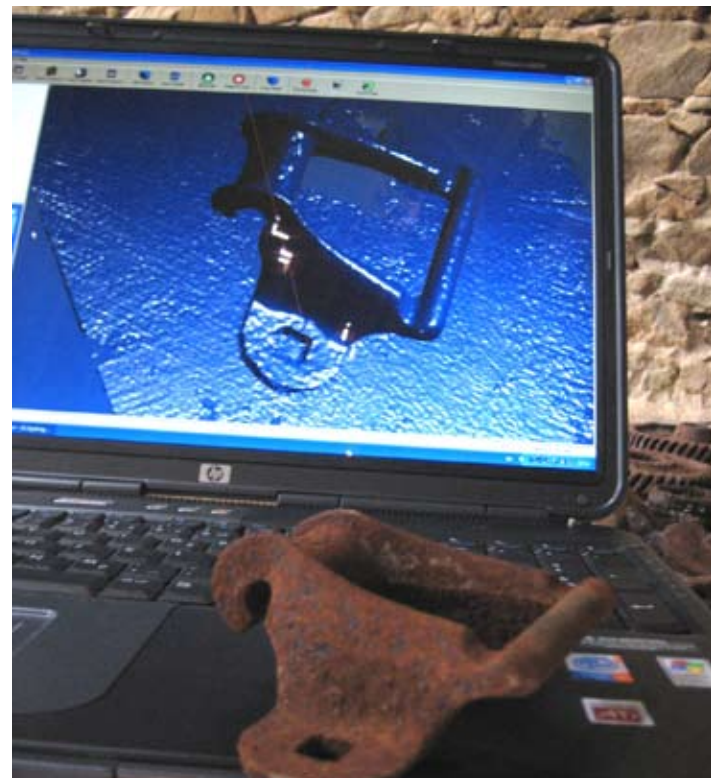
## NUMÉRISATION 3D

Afin de résoudre le problème de la conservation des objets patrimoniaux, il nous faut numériser les données physiques lorsqu'elles existent. Comparativement aux outils de base, la numérisation 3D s'est avérée très efficace pour l'optimisation des coûts et des délais lors de la mesure de machines complexes. De plus, comme l'archéologie implique généralement de vieux objets, le «contact» est parfois impossible, voire interdit, ce qui n'est pas un problème lorsqu'on utilise des appareils de numérisation 3D.

## L'EXTRAORDINAIRE DÉCOUVERTE

L'histoire relatée ici concerne une étude qui a débuté il y a 20 ans, et qui est le résultat de la découverte d'un objet technique industriel : une machine artisanale du XX<sup>e</sup> siècle.

En 1984, le Musée des Marais Salants a ouvert ses portes à Batz-sur-Mer, en France. Trois ans plus tard, le Musée a amorcé des recherches pour trouver d'autres édifices sur les terrains du Musée, ce qui a mené à la découverte d'une unité architecturale de 2900 m<sup>2</sup>, faite de granit local et pourvue d'un plancher de bois et d'un toit d'ardoise, utilisée auparavant pour entreposer le sel.



À l'intérieur du bâtiment se trouvait une grosse machine faite de bois et de métal, dont l'analyse préliminaire révéla qu'elle avait été en contact avec une matière ayant causé sa détérioration : le sel.

Un bilan de santé préliminaire aura permis d'établir que la détérioration de l'objet était irréversible et très rapide, et qu'il était impératif d'immortaliser la machine le plus rapidement possible. Pour ce faire, de

nombreuses photographies ont été prises de l'énorme installation (base de 20 m<sup>2</sup> et hauteur de 3,4 m).

Ceci fait, il restait encore à comprendre le fonctionnement de la machine, et comment elle avait été construite 90 ans plus tôt. Pour ce faire, d'autres esquisses techniques intermédiaires ont été faites. De plus, une photographie en trois dimensions a été réalisée afin de contextualiser la machine dans son cadre architectural à une date précise.

### MACHINE À LAYER LE SEL : DE LA NUMÉRISATION 3D AUX ÉTUDES TECHNIQUE ET HISTORIQUES

Après mûre réflexion et après avoir pris en considération les divers facteurs impliqués, l'équipe a conclu que la technologie de numérisation 3D était la technique qui convenait le mieux pour réaliser les étapes restantes.

De toute évidence, l'appareil laser choisi devait être transportable. La numérisation d'ensemble a été faite par le cabinet d'architectes Morel Mapping Workshop à l'aide d'un scanner laser Leica, tandis que les parties difficiles d'accès ou plus délicates ont été numérisées à l'aide d'un scanner laser à main autopositionné et vraiment portable de la gamme Handyscan 3D.

À la fin de cette première étude mécanique, et grâce au modelage 3D dynamique, l'équipe a pu valider l'hypothèse historique selon laquelle il s'agissait d'une machine artisanale. En effet, même si les convoyeurs de la machine semblaient identiques à première vue, ils étaient en fait différents les uns des autres. Le modèle virtuel tient compte de cet aspect, autrement la machine n'aurait pas pu être opérée virtuellement dans le logiciel de CAO. De plus, certains éléments ont été retrouvés par terre près de la machine, en très piteux état. À cause de cela, ils ont dû être dessinés virtuellement, suivant la forme des composants avec lesquels ils étaient en contact, et aussi en se basant sur l'étude du mécanisme.

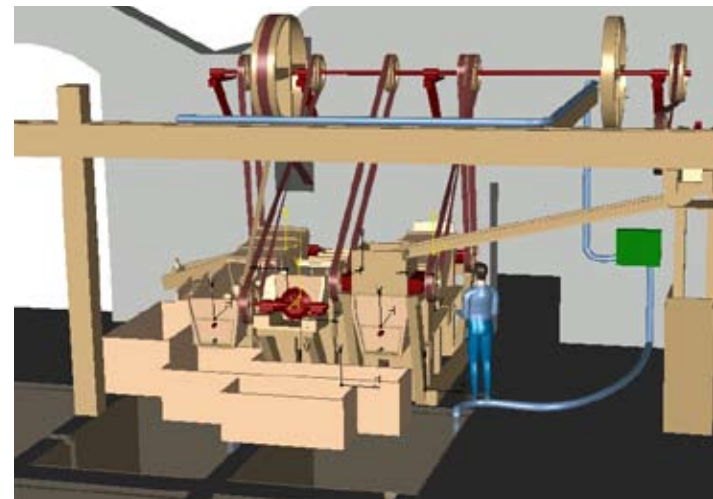
L'équipe a aussi permis de valider l'utilité de cet artefact industriel : laver le sel en le dissolvant dans une solution saline saturée.

Pourquoi faire ça?

Principalement pour répondre aux exigences en matière d'hygiène de la clientèle du XIX<sup>e</sup> siècle, et aussi pour payer moins de taxes. En effet, jusqu'en 1945, les producteurs de sel devaient payer une taxe calculée selon le poids du sel qu'ils vendaient. Éliminer les impuretés permettait d'alléger le sel, et de payer moins de taxes.

### Caractérisation détaillée des composantes de la machine à laver le sel à l'aide d'excavations archéologiques et de numérisation 3D

Certaines pièces essentielles au fonctionnement de la machine n'ont pu être numérisées à l'aide du scanner Leica : les vis transporteuses des convoyeurs, parce que situées à l'intérieur de la machine, et le flux de production du sel (liens et godets). Les deux éléments étaient dans un état de détérioration avancée, mais devaient être numérisés puisque les caractéristiques géométriques et structurelles de ces composantes étaient essentielles pour déterminer la capacité de production de la machine à laver le sel.



La chaîne à godets était presque complètement rongée par le sel : elle n'était plus suspendue et formait un tas de métal

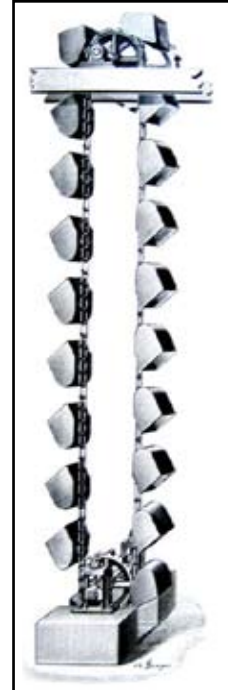
rouillé, qui devait néanmoins être étudié. Puisqu'il était impossible de la mesurer à l'aide des outils conventionnels – cela aurait causé trop de dommages – les nouvelles mesures ont été acquises à l'aide d'une technologie 3D révolutionnaire : un scanner laser à main autopositionné et sans contact Handyscan 3D.

Ce scanner laser, développé et fabriqué par l'entreprise Creaform, offre une exactitude beaucoup plus grande que le scanner Leica, en plus d'être portable, léger, insensible aux variations dans l'environnement et de permettre une numérisation à 360°.

Les scanners Handyscan 3D calculent leur position dans l'espace par triangulation, à l'aide de cibles réfléchissantes apposées directement sur la pièce à numériser ou sur un support externe, ce qui permet la création d'un système de référence unique et indépendant.

Dans ce cas en particulier, les pièces ne pouvaient pas être retirées de l'atmosphère saturée en humidité, puisque la réaction causée par le changement hydrométrique aurait été si grande que le processus de détérioration des pièces aurait été accéléré. Les pièces ont donc été numérisées dans des conditions optimales pour leur préservation, certes, mais vraiment extrêmes pour le scanner 3D. Même si les liens étaient complètement rouillés et qu'aucun godet entier ne subsistait, la numérisation 3D a quand même permis à l'équipe d'obtenir de multiples représentations virtuelles. Les dimensions générales ont été calculées par itérations moyennes de tous les fichiers de numérisation.

De plus, des ailettes ont été trouvées dans les trous du banc de travail, cachées sous un tas de sable, de sel et de poussière. Le fait que les arêtes de ces ailettes étaient tranchantes et la présence d'une lime sur le banc de travail ont permis de confirmer que les ailettes avaient été fabriquées directement sur place et que des réparations



*Chaîne à godets réelle*

*Catalogue Burton Son, chaîne Ewart (1893)*

mineures étaient faites directement sur la machine à laver le sel.

Toutes ces composantes originales ont également été numérisées et comparées à celles installées sur la machine, ce qui a permis la validation de leurs dimensions originales pendant que la machine était fonctionnelle. Par la suite, toute l'information recueillie a pu être comparée aux données provenant d'un catalogue Ewart de 1893, afin de trouver les pièces correspondantes.

Dans le cadre de cette étude, le scanner laser Handyscan 3D a permis à l'équipe de recueillir des données et de l'information très importantes. Sans l'existence d'une technologie aussi perfectionnée et exacte, la réussite et l'exactitude de ce projet auraient été sérieusement compromises, puisqu'il aurait manqué de précieuses connaissances. La technologie sans contact Handyscan 3D a permis d'aplanir les difficultés propres à ce projet, comme l'impossibilité de déplacer la machine et l'outillage ou encore l'espace exigü.