
Les outils numériques au service de l'histoire des techniques

Michel Cotte



Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/ephaistos/392>

DOI : [10.4000/ephaistos.392](https://doi.org/10.4000/ephaistos.392)

ISSN : 2552-0741

Éditeur

IHMC - Institut d'histoire moderne et contemporaine (UMR 8066)

Édition imprimée

Date de publication : 1 décembre 2012

Pagination : 12-27

ISSN : 2262-7340

Référence électronique

Michel Cotte, « Les outils numériques au service de l'histoire des techniques », *e-Phaïstos* [En ligne], I-2 | 2012, mis en ligne le 12 février 2016, consulté le 10 décembre 2020. URL : <http://journals.openedition.org/ephaistos/392> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/ephaistos.392>

Tous droits réservés

Les outils numériques au service de l'histoire des techniques

Michel Cotte

Professeur émérite d'histoire des techniques,
Université de Nantes

Conseiller de l'ICOMOS pour la mise en
œuvre de la Convention du patrimoine mondial
de l'UNESCO

Introduction

Il s'agit dans cet article de mettre en perspective l'histoire des techniques et l'usage possible des outils numériques à leur profit. Depuis maintenant près de vingt ans, les ordinateurs et leurs différents logiciels d'application ont produit leurs impacts sur notre travail d'historien, et ils l'ont sans doute changé en de nombreux aspects. Quelques questions apparaissent comme points de départ de notre propos, qui restera le simple panorama d'une situation assorti de quelques remarques :

Ne faut-il pas en premier lieu avoir une approche « différentielle » de ces outils numériques et de leurs usages, différentielle en termes de sujets traités et donc d'outils utilisés, différentielle en termes de personnes ou de groupes de recherche avec leurs objectifs propres ?

En quoi de telles démarches sont-elles spécifiques, ou pas, de la communauté des historiens des techniques ? Dans notre esprit, il convient de comprendre cette communauté comme étendue aux spécialistes du patrimoine industriel et de la muséographie des tech-

niques, également aux historiens des sciences qui se préoccupent d'instruments.

Plus largement, y aurait-il des convergences particulières entre certains outils numériques et l'histoire des techniques ? Et des héritages à assumer qui dépasseraient la seule et brève période récente d'introduction des artefacts numériques dans notre panoplie de chercheur ?

En relation avec la première question, il ne fait pas de doute que la réception des outils numériques a eu lieu de manière très différente suivant leur nature et le type d'aide proposé au chercheur. Certains ont été adoptés assez spontanément, comme le traitement de texte ou la numérisation des documents, leurs avantages s'imposant à l'évidence sur les techniques traditionnelles. Ces possibilités nouvelles furent perçues comme un progrès, comme une facilitation du travail scientifique acceptable, sans débat particulier. D'autres, comme les maquettes numériques tridimensionnelles, suscitèrent au contraire des doutes, pour le moins un scepticisme ou de l'indifférence. Il s'agissait clairement d'un exotisme, d'une recherche marginale.

Après des années où seuls quelques groupes de convaincus des techniques de l'information et de la communication (TIC) réalisaient avec plus ou moins de bonheur des projets de numérisation, d'inventaire ou de restitution tridimensionnelle (3D), les mentalités des historiens des techniques et des communautés voisines évoluèrent, disons à la fin des années 2000. Les projets deviennent plus nombreux, les bénéfices attendus sont mieux compris, des porteurs de projets se manifestent. Parallèlement, certaines communautés scientifiques voisines avaient opté assez résolument pour ces approches numériques, parfois depuis les années 1990 : les archéologues, les historiens de l'architecture, certains architectes restaurateurs par exemple.

Enfin, l'historien des techniques contemporaines ne peut manquer de s'intéresser à la remarquable histoire de l'informatique et des communications modernes. Leurs dimensions sociales, leurs impacts tant sur les pratiques professionnelles que sur la vie quotidienne montrent la succession rapide des changements, et à de nombreuses échelles. Il y a là une richesse considérable pour nos différentes entrées d'études : changement de paradigme, innovation de rupture, anthropologie des techniques numériques, histoire des usages, etc. Il faut d'ailleurs noter que ce type d'études historiques a d'abord retenu l'attention des sociologues, qui en ont donné assez tôt les grandes caractéristiques sociotechniques¹.

L'histoire des techniques ne saurait s'abstraire, sauf à son propre détriment, d'une telle dynamique, fut-ce par omission ou par méconnaissance, alors qu'elle a pour vocation de l'étudier et de la comprendre, et pour nos collègues des musées et du patrimoine de la conserver et de la présenter au public. Ce serait un comble. Il semble au contraire que nos communautés ont tout intérêt à souscrire à la puissance de ces nouveaux outils, tout en les situant à leur véritable place, et en comprenant qu'ils s'inscrivent dans la continuation directe d'outils ayant presque toujours existé dans l'histoire des techniques et de l'industrie : le dessin, la collection, la maquette, la transmission des savoirs, etc.

La bureautique et la numérisation documentaire

Mentionnons, sans nous étendre, le rôle joué par les traitements de textes pour le renouvellement de l'accès à l'écrit, dès le milieu des années 1980². Il fut rapidement complété par d'autres outils comme les tableurs et les outils de présentation de diapositives, à la fin des années 1980. La suite bureautique de Microsoft³, puis ses équivalents en libre accès⁴ se sont rapidement généralisés. Il n'y a semble-t-il guère de particularités à souligner tant ces outils sont devenus communs et partagés par toutes les communautés de recherche et d'enseignement.

Deux remarques cependant : l'accès au traitement de texte a incontestablement aidé à rédiger des groupes socioprofessionnels qui n'étaient pas forcément très familiers de l'expression écrite. Au-delà de la présentation dactylographiée et de la mise en page, déjà présentes dans les anciennes machines à écrire, l'aide orthographique des traitements de textes, et un peu moins nettement l'aide grammaticale ont aidé à la rédaction de textes relativement longs. Les milieux de techniciens, de scientifiques et d'ingénieurs ont ainsi eu un accès plus facile et plus direct à la rédaction, et donc à une recherche historique potentielle sur leurs propres métiers. Beaucoup de mémoires de recherche et de thèses en histoire des sciences et des techniques n'auraient sans doute pu aller à leur terme sans cette aide rédactionnelle. On peut dire des choses semblables à propos de l'accès à l'anglais écrit, par exemple, pour les non-anglophones, un aspect notable de sa diffusion comme langue scientifique internationale. Bien entendu, tout n'est pas réglé dans le rapport d'un individu à l'écrit par le traitement de texte, loin s'en faut, mais c'est une aide appréciable, aujourd'hui banalisée, et le porte-plume numérique s'est totalement imposé, sans presque que nous nous en apercevions.

Les outils de présentation de diapositives jouent un rôle important en histoire des techniques, car l'image, le plan, le schéma, l'illustration sont des éléments essentiels, plus sans doute que dans bien d'autres champs

de l'histoire. Ce sont des sources dont l'importance est spécifique à nos disciplines, ainsi qu'un puissant moyen de présentation de nos résultats.

Plus largement, la question de la documentation en histoire des techniques n'est pas sans poser des problèmes de diffusion, comme dans les autres branches de l'histoire, et elle fait partie des premiers efforts de numérisation des imprimés et des archives au début des années 1990. La question a toutefois une acuité particulière, car nombre d'ouvrages techniques anciens sont rares et généralement dans des bibliothèques spécialisées, qui n'étaient pas toujours faciles à identifier. Nombre d'ouvrages ou de revues étrangères anciennes ne figurent pas, ou de manière incomplète, dans les bibliothèques françaises, bien que souvent dotées de remarquables fonds anciens. Au milieu de l'effort général de numérisation des ouvrages imprimés anciens de par le monde, parfois non dénué de visions mercantiles ou de recherche d'influence culturelle, les tentatives de numérisation de fonds spécifiques, au contact de communautés de recherche, sont à mentionner. En France, le Conservatoire des arts et métiers dispose d'une bibliothèque d'histoire des techniques et d'histoire des sciences exceptionnelle, comprenant plus de 8000 ouvrages antérieurs à 1800 et de l'ordre de 20 000 ouvrages et périodiques du XIX^e siècle⁵. Un programme méthodique a été entrepris pour créer un « Conservatoire numérique », (CNUM)⁶, accessible en ligne. Il comprend un effort particulier en direction des revues anciennes et en direction de la documentation iconographique. Il forme ainsi un véritable centre de documentation spécialisé virtuel, par exemple pour les instruments scientifiques, les descriptions de procédés techniques, etc. Il est également assorti d'une méthodologie de circulation dans la base de données ainsi constituée, faite en fonction des intérêts des chercheurs ou des documentalistes. Il peut également permettre des comparaisons avec les nombreux

Fig. 1 : page d'accueil du Conservatoire numérique des arts et métiers, une bibliothèque numérique spécialisée en histoire des sciences et des techniques, (Conservatoire national des arts et métiers, Conservatoire numérique <http://cnum.cnam.fr>)

objets réels, maquettes et machines conservés dans les collections et les réserves du Musée des arts et métiers.

Les archives offrent aussi des exemples de mise en ligne permettant un accès direct à des documents rares. Citons par exemple la collection de l'*Atlas de Trudaine*, par les Archives nationales, qui correspondent à un effort exceptionnel de compilation des données routières et des ouvrages d'art à la fin de l'Ancien Régime⁷. Il s'agit d'un véritable monument documentaire de cette période, qui coïncide avec la naissance de l'École des ponts et chaussées et les grands projets d'aménagement du territoire de cette période. Ailleurs, bien entendu, d'autres projets essentiels pour les historiens des techniques ont également vu le jour. Citons un seul exemple, mais particulièrement emblématique : les archives de

Soho à Birmingham, l'entreprise des machines à vapeur de Boulton et Watt, aux débuts de la révolution industrielle⁸.

La démarche s'apparente donc à une réédition dont le pouvoir de diffusion est assuré par l'accès en ligne. C'est une des révolutions typiques apportées par les TIC, et qui a été unanimement saluée par la communauté des chercheurs. Il faut toutefois noter que des campagnes de photographies, puis de microfiches optiques avaient précédé cette démarche, notamment en archives. L'objectif était alors plutôt une protection d'originaux fragiles et une éventuelle duplication en nombre limité d'exemplaires. La vraie rupture est donc la mise en ligne et l'accès à distance, généralement non payant pour ce type de documents issus de programmes publics ou semi-publics de numérisation. La limite de la démarche réside dans le fait que tout n'est pas en ligne, loin s'en faut, et qu'une recherche personnelle en archives et en bibliothèques reste indispensable de la part du chercheur. La dématérialisation des données archivistiques est aussi une forme de la rupture, là encore entamée avant l'arrivée du numérique.

Les bases de données : structuration, compilation et usage interactif des connaissances

Au-delà de la réplique elle-même, la gestion de la documentation numérique pose un problème d'organisation, de classement et de procédures de requêtes pour les utilisateurs. Nous l'avons vu pour les bibliothèques à distance comme le CNUM. Il s'agit d'une gestion de données dont les principes peuvent être au départ assez proches de la gestion d'une bibliothèque réelle. Toutefois, la richesse de l'outil numérique fait apparaître des possibilités nouvelles, mais aussi des questions spécifiques à résoudre qui impliquent soit l'usage de logiciels types, soit l'intervention de spécialistes de ces questions. Les logiciels types ont été élaborés en fonction de cas généraux et ils ont longtemps eu un caractère réducteur ou schématique, notamment pour l'indexation des données ou pour les logiques de circulation et de requêtes par les utilisateurs, soit pourvoyeurs de données soit lecteurs.

Le cas du programme de conservation du patrimoine scientifique contemporain, à l'échelle des collections universitaires et publiques françaises, est assez révélateur de l'usage d'une base de données spécialisée, adaptée à une finalité précise, de son accès à distance et de sa gestion interactive. Il fut envisagé dans un premier temps pour l'Université de Nantes et les Pays de la Loire, au début des années 2000, comme un projet d'inventaire documenté des matériels scientifiques anciens des laboratoires publics. L'expérience s'avérant concluante⁹, elle est ensuite devenue un projet national d'inventaire, organisé de manière fédérative sur la base de projets régionaux, avec le soutien du ministère de la Recherche et l'appui d'une Mission de coordination. L'idée était alors d'organiser une « mémoire vivante » de ce que fut la recherche dans les universités et les laboratoires publics français, essentiellement depuis l'après Seconde Guerre mondiale. L'usage des TIC permet ici d'accompagner la description de l'appareil (photos, notices explicatives) par des interviews de chercheurs, des références à des contenus scientifiques auxquels l'instrument de laboratoire a participé, etc. Plus de 2000 fiches ont ainsi été constituées, 6000 photos ainsi que des « parcours de recherche » décrivant la carrière de responsables de laboratoires et les avancées scientifiques dont ils ont été les témoins. Au-delà d'un inventaire patrimonial, l'outil affiche une vocation pédagogique via son usage interactif par des enseignants ou des étudiants. Il est possible de visualiser une exposition thématique virtuelle, de monter un dossier sur l'histoire d'un domaine scientifique récent, etc. Il est incontestable qu'une telle démarche a permis de sortir de l'oubli, et probablement de sauver d'une destruction annoncée un grand nombre d'instruments scientifiques devenus hors d'usage, plus largement d'en assurer un inventaire et de donner à celui-ci une vie propre. La base de données est aujourd'hui accessible par internet sous le sigle PATSTEC¹⁰.

La genèse de COLUMELLA illustre un autre type d'usage de la base de données en histoire des techniques. Il est centré sur la construction d'une documentation collective à destination des chercheurs, à une

PATRIMOINE scientifique et technique contemporain

» INTRODUCTION » ACTUALITÉS » ÉDITIONS » RESSOURCES » CHAT » FORUM » LIENS

Les ressources du patrimoine scientifique

- **Parcourir**
Découvrir le catalogue d'instruments et les parcours de chercheurs.
- **Apprendre**
Accéder aux présentations et aux modules pédagogiques.
- **Rechercher**
Formuler une requête, trier les résultats, remplir son panier.
- **Mettre en forme**
Réaliser des documents didactiques à partir de ma collection.

INSCRIPTION GLOSSAIRE NEWSLETTER CONTACT PLAN DU SITE MA COLLECTION [©]

Fig. 2 : page d'accueil du site du Patrimoine scientifique et technique contemporain, un inventaire aujourd'hui en cours d'extension à la France entière ; il est facilement consultable à distance et c'est un puissant outil pédagogique utilisable par les enseignants <http://www.patstec.fr> © pastec

échelle internationale. Elle se définit comme « un outil de recherche informatisé en archéologie et géographie des pratiques agricoles¹¹ ». L'objectif est d'utiliser les techniques d'enregistrement numérique pour produire une base de données vivante, apte à compiler une masse importante de données, plusieurs milliers de fiches, puis de pouvoir l'interroger de diverses manières. Une importante réflexion méthodologique a été conduite sur la façon de faire de l'histoire des pratiques techniques, à grande échelle, sur l'indexation rationnelle des don-

nées, sur la possibilité de remplir et d'utiliser une base de données partagée entre plusieurs communautés scientifiques. Son thème était au départ les techniques traditionnelles de battage en France. Repris et soutenu par le CNRS, le sujet a été étendu aux pratiques pré-machiniques du monde agricole dans un sens historique large, et en prenant une dimension européenne et internationale. La base de données comprend des fiches descriptives normalisées pour de multiples entrées de recherche, des textes, des images, des films, etc.



Fig. 3 : page d'accueil de la base de données de recherche COLUMELLA ; un outil conçu par des historiens au profit de la recherche en histoire des pratiques agricoles pré-machiniques © Carolina Carpinschi

Ce travail comprend d'importantes innovations par rapport aux bases de données standards, car COLUMELLA a été élaborée en rapport direct avec le travail des historiens et des chercheurs, par une historienne, Carolina Carpinschi¹². Elle a un haut degré de précision dans l'indexation de l'information et elle permet des interrogations croisées à but historique, ethnographiques ou encore de géographie historique. Elle restitue ainsi l'évolution et l'adaptation des savoir-faire en symbiose avec les conditions physiques (climat, variétés des espèces...) et sociales (besoins alimentaires, économie...), tout comme leur diffusion et leur transmission à

l'échelle de territoires très divers. Des comparaisons internationales, des modèles prédictifs de développement peuvent être déduits de la base de données. L'une de ses innovations principales est une architecture informatique centrée sur le glossaire technique (600 termes), ce qui permet des utilisations inédites d'une base de données et autorise un usage en plusieurs langues. Adaptable et évolutive, elle constitue un outil remarquable de recherche. Elle est pour l'instant réservée aux membres du réseau EARTH, mais elle est annoncée comme devant être accessible au grand public dans une version restreinte.

Sur le plan international, en rapport direct avec l'histoire du génie civil, signalons la base de données STRUCTURAE, d'origine allemande, qui compile près de 60 000 fiches individuelles, principalement sur les ouvrages d'art dans le monde. C'est un exemple de coopération internationale dans la compilation de l'information technique et historique, avec aujourd'hui une version française¹³. Toutefois, le niveau et le contenu des fiches sont variables, parfois sommaires et pas toujours très rigoureux, rejoignant la difficulté de ce type de travaux collectifs bien connue avec l'encyclopédie en ligne Wikipédia.

L'usage à distance des bases de données constitue tout d'abord un outil partagé et de coopération entre chercheurs qui démultiplie les capacités d'investigation, de compilation et de comparaison. En termes d'acquisition des données, elles permettent une bonne prise en compte des documents iconographiques et l'intégration d'éléments audiovisuels, dont nous avons souligné l'importance en histoire des techniques. Elles aboutissent à des thésaurus virtuels importants, renouvelant la notion d'inventaire et de collection. Elles favorisent aussi les usages pédagogiques, apportant par l'interactivité à distance une forme de vie et d'actualité aux objets et aux pratiques du passé. Cependant, l'information indexée et donc pré-formatée peut décevoir par sa sécheresse ou son côté lacunaire, elle peut renvoyer à des éléments purement techniques de l'histoire des techniques, dont la dimension contextuelle ou socioéconomique est absente ou limitée. Il s'agit donc d'un outil de recherche parmi d'autres, et qui doit rester soumis au principe fondamental de la critique des sources.

3D et histoire des techniques : une première logique de la maquette numérique

Les éléments dessinés, les schémas, la géométrie euclidienne jouèrent à toutes les époques un rôle essentiel dans le développement des techniques. Ce furent toujours des outils importants de représentation et de prévision de l'objet technique. Il était logique que, dès les débuts de l'informatique, la question du dessin assisté par ordinateur (DAO) soit posée, d'abord sous sa forme

bidimensionnelle (2D), puis ensuite tridimensionnelle (3D). Ces questions restèrent pendant longtemps l'apanage des seuls spécialistes, tant chercheurs qu'industriels, car les besoins de puissance informatique étaient très élevés par rapport aux machines existantes. Les logiciels développés en portent souvent la trace, car de type « propriétaire », notamment pour la conception assistée par ordinateur (CAO).

Ces nouveaux outils de visualisation apparaissent dans des domaines touchant à l'histoire des constructions, au début des années 1990. Le projet de restitution de *Maior Ecclesia* de Cluny, un patrimoine médiéval exceptionnel, mais pour l'essentiel disparu, a eu un caractère pionnier, dans le contexte de la formation des ingénieurs à l'École des arts et métiers. Ce projet a ensuite été régulièrement développé en fonction des nouvelles possibilités techniques. Il permet aujourd'hui une visite guidée qui peut être considérée comme un modèle du genre¹⁴. De nombreux autres projets utilisant le même type d'outils 3D ont été développés à compter de la fin des années 1990 et au cours des années 2000, touchant principalement à l'archéologie et à l'histoire de l'architecture. Ils proposent des maquettes qui sont modelées sur une ossature géométrique et qui, de plus en plus, se lancent dans des restitutions réalistes. Les projets sont passés du monument aux ensembles, puis aux restitutions urbaines comme le projet de la Rome antique à partir d'une maquette réelle ancienne exceptionnelle, par l'équipe CIREVE de l'Université de Caen¹⁵.

Il faut noter ce rapport à la maquette réelle, que l'on retrouve dans d'autres projets de numérisation comme celui du port de Nantes, ou qui pourraient faire l'objet d'un programme de travail à propos des fameux plans-reliefs des fortifications françaises des XVII^e-XVIII^e siècles. Il s'agit clairement d'un outil de travail visant à revenir sur la maquette réelle, à la compléter, à tester des hypothèses, à bâtir des itinéraires de visite virtuelle, à faciliter un accès pédagogique à distance. Il faut également indiquer l'un des usages initiaux de ces modèles tridimensionnels dans la restauration et l'évaluation des structures des monuments anciens, comme l'a bien montré la thèse d'Anne Coste à l'École d'architecture de



Fig. 4 : une des images de l'animation 3D de la restitution *Maior Ecclesia* de l'abbatiale de Cluny, <http://cluny-numerique.fr/fr/dossiers-de-presse/maior-ecclesia> © Cluny numérique

Saint-Étienne, dès le milieu des années 1990, pour les grands monuments gothiques¹⁶.

L'Université de Bordeaux a de son côté développé une plateforme de moyens pour la réalisation de maquettes 3D, qui a ensuite reçu le soutien des capacités de calcul scientifique du CNRS. Initialement dénommée AUSONIUS, cette plateforme s'est affirmée au tournant des années 2000, notamment dans le domaine de l'archéologie romaine ou égyptienne. Partant de la thèse pionnière de Robert Vergnien¹⁷, qui en fut le créateur et le responsable, elle a su réunir des compétences

scientifiques, techniques et informatiques pour une utilisation partagée et professionnelle des outils de numérisation 3D classiques. Elle travaille avec des logiciels non propriétaires afin de pouvoir rendre les données partageables, et elle réunit systématiquement des équipes pluridisciplinaires pour la validation des résultats¹⁸. Elle se dénomme aujourd'hui ARCHEOVISION et se fixe une mission d'aide aux projets de maquettes virtuelles au profit des sciences humaines et du patrimoine, de manière générale¹⁹.



Fig. 5 : l'usine automobile de Levallois, crée par Clément Bayard puis reprise par Citroën jusqu'à sa démolition ; une restitution virtuelle exclusivement à partir d'archives <http://usine3d.in2p3.fr/> © Usine 3D, LHEST Université d'Evry, Paul Smith



Fig. 6 : la vue restituée en perspective cavalière du site industriel Peugeot à Sochaux en 1960 <http://usine3d.com> © Usine 3D, LHEST Université d'Evry, Jean-Louis Loubet et Nicolas Hatzfeld

L'histoire des techniques et le patrimoine industriel sont venus tardivement à l'usage des maquettes virtuelles tridimensionnelles. Il serait intéressant d'en analyser les raisons, deux éléments contextuels paraissant jouer un rôle important. Le premier est la crainte des défenseurs du patrimoine industriel devant les menaces de destruction du patrimoine réel, peur évidemment spécifique à ce type de bien par l'échelle des friches laissées par la désindustrialisation. Le second est la période d'apogée de l'histoire sociale et culturelle des techniques qui ne prédisposait pas à l'usage de tels outils. Le premier article publié sur ces questions dans une revue de patrimoine industriel en langue française ne l'a été qu'au milieu des années 2000, et il portait déjà sur une autre étape des maquettes numériques que celle de la 3D classique, véritablement oubliée²⁰. Il faut rendre hommage dans ce domaine au travail d'Alain Michel qui, dans le cadre de ses recherches sur les images et l'iconographie comme sources historiques à part entière sur le travail industriel, a ouvert un questionnement et une réflexion méthodologique²¹. Cela l'a ensuite conduit à envisager la restitution 3D de l'atelier C5 des usines Renault de Billancourt. Le modèle numérique apparaissait comme une synthèse d'informations visuelles et un support narratif venant compléter les moyens classiques de l'édition²². Il ouvrait également la question cruciale du passage d'une visualisation 3D statique et essentiellement architecturale au processus industriel de la chaîne, dans l'Entre-deux-guerres.

Le projet a été développé avec l'aide de la plateforme ARCHEOVISION. Il a connu une extension récente dans le cadre de l'équipe LHEST de l'Université d'Évry et du CRHST de La Villette, sous le nom d'« Usine 3D ». Outre l'atelier C5 et son procédé de chaîne industrielle, trois autres projets ont été développés, à partir de sources d'archives industrielles : l'implantation territoriale des usines Peugeot à Sochaux depuis leur création, un peu avant la Grande Guerre ; l'usine automobile de Levallois créée par Clément Bayard puis reprise par Citroën jusqu'à sa démolition ; le haut-fourneau de Marcenay en Bourgogne, remontant à la première moitié du XIX^e siècle. La démarche est de constituer un corpus do-

ocumentaire synthétisé et compréhensible, sous forme de modèles tridimensionnels virtuels, qui deviennent ensuite le support visuel d'une narration historique. Il s'agit parfois de la restitution *ex nihilo* d'un ensemble usinier qui n'existe plus comme à Levallois, ou aux composantes effacées par la dynamique des restructurations successives des sites industriels comme à Sochaux²³.

Ces projets de synthèse graphique de l'information sur le territoire industriel et ses bâtiments sont évidemment très importants, tant comme support de l'histoire industrielle que comme outil au service du patrimoine industriel. Toutefois, nous avons vu que la restitution des processus industriels mécanisés restait délicate par ce type de logiciels. Sur un autre plan, l'habileté des outils d'aujourd'hui permet des rendus de surfaces aux apparences extrêmement réalistes et, peut-être sous l'influence du cinéma d'animation 3D et des jeux vidéo, les projets actuels délaissent les fausses couleurs et les modèles filaires d'autrefois, trop schématiques et sans doute un peu datés pour les spectateurs d'aujourd'hui. Bien entendu, dans un cadre universitaire, la conformité des modèles virtuels produits est attestée par les chercheurs, et c'est une marque de fabrique revendiquée par ARCHEOVISION par exemple. Mais, dans d'autres contextes, l'extraordinaire souplesse des outils de la 3D classique²⁴ peut favoriser la production d'illustrations évoquant plus ou moins rigoureusement un objet monumental du passé, voire donner un simple produit de communication ayant des rapports fantaisistes avec la réalité. Dans le domaine de l'architecture, le logiciel de référence actuellement le plus employé est AutoCAD de la société Autodesk ; dans celui de l'archéologie, l'un des logiciels bien adaptés est Rhino3D de la société Rhinocéros.

Par ailleurs, il faudrait pouvoir garder, comme on le fait dans les restaurations monumentales les plus sérieuses, une indication visible entre ce qui est de l'existant parfaitement vérifiable, des hypothèses de restitution sûrement établies et des hypothèses plus incertaines et leurs origines : extrapolation, analogie, logique architecturale, etc. En termes d'informatique 3D, c'est une question qui s'identifie à la recherche sur la

possibilité de conserver et d'identifier les différentes étapes du travail de modélisation ou « versioning ». Le procédé de différenciation le plus simple est un recours aux fausses couleurs, chacune identifiant un type d'état patrimonial. Plus largement, on évolue vite vers des questions assez fondamentales et typiques de la recherche 3D en patrimoine et en archéologie, vers ce que Florent Laroche appelle le problème du modèle d'information qui doit permettre un lien évolutif avec l'état des connaissances²⁵. *A contrario*, le laisser-aller de certaines restitutions laisse à croire que l'on a une connaissance « parfaite » de ce que fut un patrimoine du passé, sans laisser transparaître les niveaux relatifs de la connaissance et ses incertitudes. Une distinction devrait également exister entre un modèle virtuel de recherche et une simple application pédagogique ou culturelle. Les frontières peuvent rapidement devenir floues, induisant une confusion d'ordre scientifique, d'où la nécessité d'une déontologie des pratiques.

La CAO : un autre outil numérique au service de l'histoire des techniques ?

Une autre voie de la modélisation numérique a été empruntée au profit des objets techniques du passé, celle de la CAO, outil des sciences pour l'ingénieur permettant de faire de la conception de machines et d'objets techniques²⁶. Leur développement est ancien, longtemps objet de recherches informatiques spécialisées puis de développement industriel, par exemple dans l'aéronautique et la construction automobile. Les logiciels les plus performants sont généralement de type « propriétaire », car ce sont des outils de conception et de simulation technique à haute valeur ajoutée²⁷. Ils gèrent l'innovation dans un espace de « réalité virtuelle » et ils constituent des plateformes coopératives pour les entreprises. Le détour vers l'histoire des techniques semble ici peu immédiat, tant les échelles de projets peuvent sembler disproportionnées. Mais il faut remarquer qu'avec de tels outils, nous sommes au cœur même du processus industriel de la conception des objets, avec toute la rigueur qu'impose un rapport du virtuel au réel basé sur le respect des lois de la cinématique, de la dy-

namique et plus largement du monde physique. On parlera alors plus volontiers de réalité virtuelle que de modèle numérique, et l'on pourra noter l'intégration complète de la variable temps dans le processus virtuel, soit un espace quadridimensionnel dit de « 3D + t ».

Il s'agit d'une démarche que l'on peut initialement qualifier d'« internaliste », au sein de l'histoire des techniques, partant des données physiques des objets et cherchant à retrouver la logique de leur conception et de leur usage, essentiellement dans le champ de la mécanique. Elle se fixe pour but initial de réaliser une maquette numérique fonctionnelle des objets techniques et des machines d'un passé relativement récent, et dont les vestiges plus ou moins intègres existent encore ainsi que des plans techniques. On peut qualifier ce travail de re-conception, dont l'un des horizons est la restitution dynamique des artefacts, validée en premier lieu par l'exigence scientifique du logiciel lui-même. Cela conduit à une réalité virtuelle « parfaite », mais dont le degré de finesse et de complétude dépend bien entendu des données initiales, archéologiques et documentaires. Pour parvenir à de telles réalisations, il fallait bien entendu une situation permettant un travail partagé entre historiens des techniques et ingénieurs-chercheurs en conception mécanique et en réalité virtuelle. Nous avons eu la chance d'établir de telles collaborations à la fin des années 1990, grâce aux universités de technologie, et à l'organisation délibérée d'une formation d'élèves ingénieurs misant sur une complémentarité entre sciences pour l'ingénieur (SPI) et sciences de l'homme et de la société (SHS). Il s'agit au départ d'une approche pédagogique à l'UT de Belfort-Montbéliard, où les intérêts de chacun étaient clairement établis : fourniture d'un objet réel inédit et « problématique » comme projet de formation avancée à la CAO pour les premiers, expérience unique pour un décryptage technique et une compilation de connaissances du passé au cœur du patrimoine industriel pour les seconds. Il faut souligner l'articulation de ce projet avec les cours de « culture technique » d'Yves Deforge à l'UT Compiègne, dans les années 1980²⁸, en particulier la pratique de la « génétique technique » pour aider les jeunes élèves in-

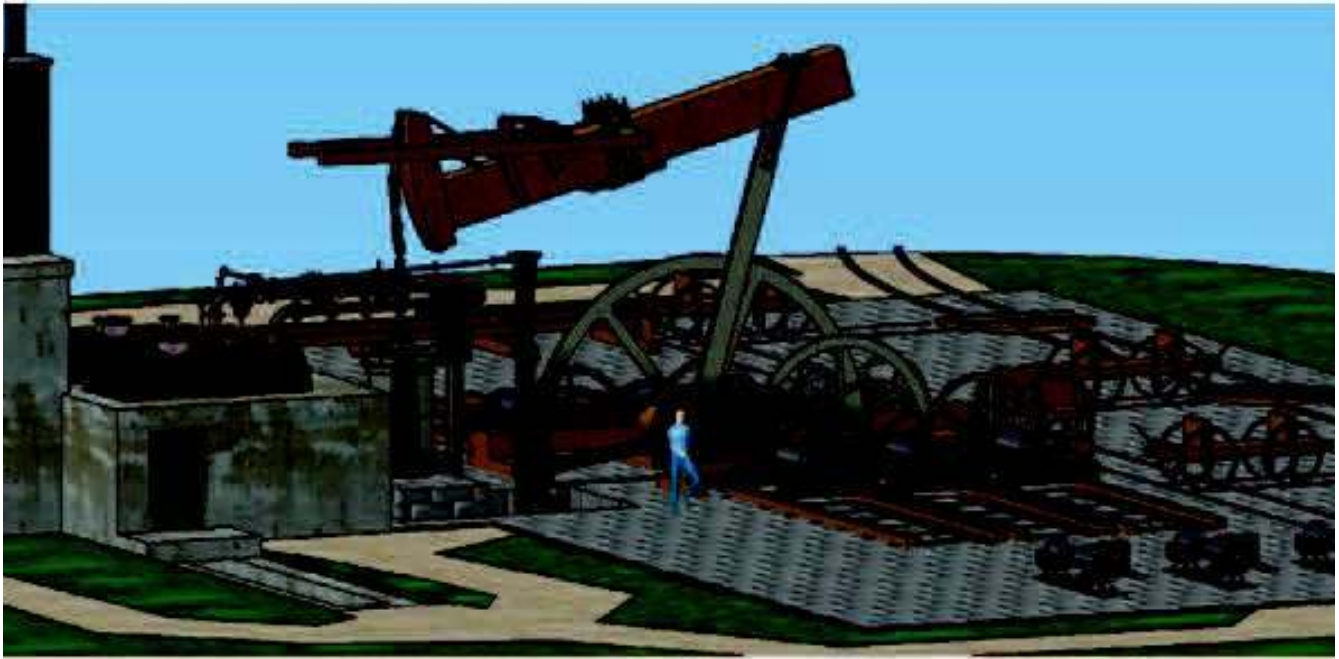


Fig.7 : restitution en cours de la machine à vapeur de la forerie de canon d'Indret, à la fin du XVIII^e siècle, à partir des documents de l'ingénieur Betancourt © IRCCyN, EC Nantes & CFV, Université de Nantes, Jean-Louis Kérouanton et Florent Laroche

généralistes à comprendre l'histoire des filières techniques et de la conception des objets nouveaux. Cette démarche pédagogique est elle-même issue des réflexions épistémologiques de Simondon sur l'évolution des objets techniques, dont Deforge fut doctorant²⁹. Avec Samuel Deniaud, nous avons conduit divers projets de maquettes numériques de ce type : la presse Blitz de Feschelles-le-Châtel, la machine à vapeur Piguet de l'Écomusée du Creusot³⁰, la machine à noyau de l'atelier de fonderie de PSA à Sochaux notamment³¹.

Ce type d'approche pluridisciplinaire autour d'un projet de maquette CAO s'est poursuivi à Nantes avec plusieurs collaborations entre les historiens des techniques, des formations techniques utilisant ce type d'outils et des institutions muséographiques ou patrimoniales. Les principaux objets traités sont deux

machines d'imprimerie du Musée de l'imprimerie de Nantes, la machine à laver le sel du Musée du sel de Batz-sur-Mer³², une pompe à vapeur de marine de l'École de la marine marchande, etc.³³ La dimension recherche s'est concrétisée par la thèse de Florent Laroche, sur la base d'une coopération entre l'histoire des techniques (Centre François Viète) et l'ingénierie virtuelle (Équipe d'Alain Bernard à l'IRCCyN-ECN)³⁴. Une série de questions méthodologiques et d'interrogations épistémologiques sur le rapport entre passé et présent via le média du numérique, sur le rapport entre virtuel et réel, sur la capitalisation des connaissances du passé comme projet scientifique est abordée dans ce travail de référence, et les nombreuses publications qui l'ont accompagné, notamment dans la communauté de la conception mécanique et de la réalité virtuelle³⁵.

Les projets se sont diversifiés et étendus, l'équipe s'est étoffée par l'intégration d'un spécialiste du patrimoine industriel et par l'extension de l'équipe nantaise à l'Université de Brest : un canot à vapeur d'après les archives de la Marine avec DCNS-Indret³⁶, une machine à vapeur³⁷ et l'usine à forer les canons d'Indret à la fin du XVIII^e siècle³⁸, la presse Bennie dans le contexte global des chantiers navals de la Ciotat³⁹, le Pont national tournant sur la Penfield à Brest⁴⁰, etc.

Perfectionnements et problématiques

L'une des questions les plus partagées par les équipes rencontrées est celle de l'interactivité. Celle-ci a toutefois deux dimensions. La première est une évolution des produits virtuels qui apparaissent comme un état de la connaissance à un moment donné, que l'ont fait évoluer par des apports d'informations nouvelles. Il peut s'agir d'un dispositif largement ouvert à des contributeurs multiples qui enrichissent le projet, au sein d'un système informatique partagé à distance via internet (COLUMELLA, STRUCTURAE) ; mais il peut rester restreint à un nombre limité de chercheurs et de techniciens (3D, CAO). La seconde est en direction d'un public large, pour des applications pédagogiques ou culturelles amenant une implication de l'utilisateur. Cette interactivité intéresse tout autant la muséographie réelle et les centres d'interprétation du patrimoine, comme « bonus » et comme explication du réel, qu'une muséographie essentiellement virtuelle et à distance (PATSTEC).

En termes de collections numérisées et de bases de données, il existe de nombreux projets bien avancés et d'une assez grande maturité technique. Pour les maquettes numériques, la question de leur jumelage interactif à une base de données associée est plus récente, et elle reste dans le champ de la recherche pour l'instant. Plusieurs projets se focalisent sur ces questions, comme celui d'une approche globale de l'espace portuaire historique de Nantes, vers 1900, par une maquette réelle ancienne, un double virtuel sous forme de maquette 3D, un système d'information géographique et une base de données qui seront à terme interactifs avec le public du

Musée des ducs de Bretagne, à Nantes⁴¹. Un projet similaire existe à Brest. Ce type de préoccupation, à l'échelle d'un territoire industriel ou portuaire, plus largement d'un ensemble patrimonial, est aujourd'hui partagé par la plupart des acteurs de la modélisation numérique.

Il faut également mentionner des projets plus spécifiques de valorisation ou d'utilisation des maquettes numériques, en particulier de celles issues de la CAO, par le côté rigoureux et technologique du modèle obtenu. La maquette du canot d'Indret a par exemple permis une vaste coopération interdisciplinaire, impliquant des élèves ingénieurs en Thermique-Énergétique (Polytech Nantes), ce qui a conduit à une évaluation des performances énergétique du moteur d'un objet technique du passé. La maquette numérique de la machine à laver le sel de Batz-sur-Mer, dont l'objet réel est à l'état de ruine et en passe de disparaître, a permis la reconstruction d'une machine conforme, à un degré poussé, avec l'ori-



Fig. 8 : une séance de saisie numérique laser de la maquette du port de Nantes au château musée des ducs de Bretagne © IRCCyN, EC Nantes & CFV, Université de Nantes, Jean-Louis Kérouanton et Florent Laroche

ginal. L'étude numérique du pont de Lambézellec, à Brest, a été un outil précieux de sa restauration⁴², etc. Mais la 3D classique offre aussi de belles possibilités, comme celle de plans tridimensionnels chronologiques montrant l'évolution de l'emprise industrielle de l'usine de Sochaux sur près d'un siècle, et bientôt ses flux de production⁴³.

Il s'agit aussi d'approfondir la question des environnements machiniques, en particulier la présence de l'homme et de ses gestes ergonomiques. C'est un enjeu essentiel, car un lien possible avec l'histoire sociale et l'organisation du travail humain est là. Les deux grandes approches des modèles numériques y tendent toutes deux, par deux voies opposées. La 3D est en quelque sorte à échelle descendante, depuis l'espace du territoire industriel, le bâtiment puis vers l'intérieur de l'atelier et ses postes de travail. La recherche d'Alain Michel et de Stéphane Pouyllau sur l'atelier C5 de Billancourt est exemplaire de ce point de vue. L'approche de la CAO est couplée aux préoccupations de la conception d'aujourd'hui, qui comprend par exemple d'importantes questions ergonomiques. La voie est ici une approche des retours d'efforts simulés associés à une maquette 3D+t, qui permettront de modéliser les situations du travail en « réalité virtuelle ». Les questions d'environnement, de flux matériels et énergétiques associés aux processus, les environnements sonores sont également des questions de recherche actuelle. Il faut également évoquer les progrès réalisés dans la saisie des données archéologiques par la photogrammétrie et le scannage laser, aujourd'hui devenu manuel.

Sans aucun doute, les usages du numérique en histoire des techniques sont appelés à évoluer et à se perfectionner assez rapidement. La situation d'aujourd'hui fait ressortir plusieurs tendances, qui n'étaient peut-être pas encore bien visibles il y a peu. Les bases de données spécialisées en histoire des sciences et des techniques sont des outils performants, ayant atteint leur maturité technique. Elles sont entrées d'une part dans le développement et l'amélioration de l'interactivité, d'autre part dans l'extension des usages et des communautés d'utilisateurs.

L'approche 3D classique, par modelage à partir de la documentation réunie et par validation critique du modèle par la communauté des chercheurs, atteint aujourd'hui un seuil d'efficacité et de notoriété qui fait qu'une frange notable d'historiens des techniques et de l'industrie envisage de l'utiliser. Il s'agit d'un support visuel de la narration historique, à l'échelle d'un territoire industriel. Cette démarche reste toutefois une illustration de type architectural qui n'aborde pas, ou peu, ou avec difficulté pour l'instant, la question du processus industriel. Le risque de confondre le patrimoine industriel avec le patrimoine de l'architecture industrielle existe, mais c'est aussi le cas dans le monde réel !

L'approche par la CAO conduit à des démarches exigeantes de saisie des données et d'analyse fonctionnelle historique qui s'apparente à la re-conception de machines anciennes. Elle a le mérite de clairement distinguer la réalisation d'un « dossier d'œuvre numérique » d'ordre strictement scientifique (SPI et SHS), ou phase B du processus de numérisation chez Florent Laroche, du vaste éventail des usages et des applications possibles, ou ensemble des phases C⁴⁴. Il semble toutefois difficile qu'elle aborde des objets antérieurs à la révolution industrielle. Elle constitue pour l'instant un domaine de recherches actif, mais peu ou pas encore tourné vers la diffusion de ses travaux vers le grand public, ce que l'usage de logiciels propriétaires ne favorise pas non plus.

L'ensemble des trois démarches est certainement appelé à converger en termes de productions numériques à caractère pédagogique et culturel, et à fusionner peu ou prou des réalisations qui apparaissent comme complémentaires. À l'heure d'aujourd'hui, c'est sans doute plus une question d'informatique qu'autre chose. Toutefois, les champs de recherches et les styles restent propres à chacun, et c'est un bien pour la richesse de l'utilisation du numérique au profit de l'histoire des techniques et du patrimoine industriel.

- ¹ BRETON Philippe, *Une histoire de l'informatique*, Paris, La Découverte, 1987 ; 2^{de} éd. : Seuil, coll. Points, 1990.
- ² Le logiciel Word-perfect est commercialisé en 1983.
- ³ Elle apparaît en 1989, sous MS-DOS, le système d'exploitation Windows est proposé à sa suite en 1993.
- ⁴ Le système d'exploitation libre Linux est proposé par Linus Torvalds en 1994.
- ⁵ ALMEDIA Rodrigo, BERNARDONI Claire et al., « Le Conservatoire numérique : enjeux et perspectives de la numérisation documentaire », *Documents pour l'histoire des techniques*, 18, 2^{ème} semestre 2009, p. 61-72.
- ⁶ <http://cnum.cnam.fr/> Consulté en mars 2012.
- ⁷ <http://www.archivesnationales.culture.gouv.fr/chan/chan/pdf/caran/28-trudaine.pdf>. Consulté en février 2012.
- ⁸ <http://www.birmingham.gov.uk/cs/Satellite?c=Page&childpagename=Lib-Central-Archives-and-Heritage%2FPageLayout&cid=1223092751138&pagename=BCC%2FCommon%2FWrapper%2FWrapper>. Consulté en février 2012.
- ⁹ CUENCA Catherine, THOMAS Yves et al., *Le patrimoine scientifique et technique contemporain, un programme de sauvegarde en Pays de la Loire*, Paris, l'Harmattan, 2005.
- ¹⁰ <http://www.patstec.fr>. Consulté en mars 2012.
- ¹¹ CARPINSCHI Carolina, « COLLUMELLA, un outil de recherche informatisé en archéologie et géographie des pratiques agricoles », thèse d'histoire des techniques, Paris, CNAM, 2010, dact.
- ¹² *Ibidem*.
- ¹³ <http://fr.structurae.de/>. Consulté en février 2012.
- ¹⁴ <http://cluny-numerique.fr/fr/dossiers-de-presse/maior-ecclesia>. Consulté en février 2012.
- ¹⁵ <http://www.unicaen.fr/cireve/rome/index.php>. Consulté en février 2012.
- ¹⁶ COSTE Anne, *L'architecture gothique, lectures et interprétation d'un modèle*, Saint-Étienne, CEF-PU Saint-Étienne, 1997.
- ¹⁷ VERGNIEUX Robert, « Recherches sur les monuments thébains d'Amenhotep IV à l'aide d'outils informatiques, méthodes et résultats », Thèse Lyon II, 1992, *Cahiers de la Société d'égyptologie de Genève*, 4, 2 vol., 2000.
- ¹⁸ MAIGNIEN, Yannick (éd.), *Virtual retrospect 2009 : actes du colloque, Pessac (France), 18-20 novembre 2009*, Pessac, AUSONIUS, 2011.
- ¹⁹ <http://archeovision.cnrs.fr/>, VERGNIEUX Robert, POUYLLAU Stéphane et LESPINASSE Loïc, consulté en février 2012.
- ²⁰ COTTE Michel, DENIAUD Samuel, « Conception assistée par ordinateur et patrimoine, perspectives innovantes », *L'Archéologie industrielle en France*, 46, juin 2005, p. 32-38.
- ²¹ MICHEL Alain, « Les images du travail à la chaîne dans les usines Renault de Boulogne-Billancourt (1917-1939), une analyse des sources visuelles : cinéma, photographie, plans d'implantation », Thèse EHESS, 2001.
- ²² MICHEL Alain, *Travail à la chaîne : Renault 1898-1947*, Boulogne-Billancourt, éd. ETAI, 2007.
- ²³ <http://usine3d.in2p3.fr/>, MICHEL Alain, LOUBET Jean-Louis, HATZFELD Nicolas, SMITH Paul, BENOIT Serge et PICHON Alain. Consulté en février 2012.
- ²⁴ 3D Studio Max, développé par Autodesk (logiciel propriétaire), par exemple.
- ²⁵ LAROCHE Florent, « Contribution à la sauvegarde des objets techniques anciens par l'archéologie industrielle avancée », thèse EC Nantes, décembre 2007.
- ²⁶ COTTE Michel, LAROCHE Florent et al., « *Le patrimoine des machines anciennes et la Conception Assistée par Ordinateur* », *Recherche et développement dans l'entreprise : conserver l'instrumentation, pourquoi, comment ?* Paris, Actes de la Journée d'étude, Mission nationale du patrimoine scientifique, Musée des arts et métiers, avril 2006, p. 34-40.
- ²⁷ Par exemple l'ensemble CATIA de Dassault système ou DELMIA pour la conception d'ensemble productifs.
- ²⁸ DEFORGE Yves, *Technologie et génétique de l'objet industriel*, Paris, Maloine, 1985.
- ²⁹ SIMONDON Gilbert, *Du mode d'existence des objets techniques*, Paris, Aubier, 1958, rééditions 1969 et 1989.
- ³⁰ LAROCHE Florent, *op. cité*, décembre 2007.
- ³¹ COTTE Michel, DENIAUD Samuel, *op. cité*, 2005.
- ³² LAROCHE Florent, « Les outils du virtuel : la mécanisation du lavage du sel à Batz-sur-Mer au XX^e siècle », *L'Archéologie industrielle en France*, 51, 2008, p. 46-51.
- ³³ COTTE Michel, LAROCHE Florent et al., « Les outils de réalité virtuelle sont-ils applicables au patrimoine technique et industriel ? », *Historiens et géographes, Le patrimoine industriel, 2^e partie*, n° 401, février 2008, p. 245-255.
- ³⁴ LAROCHE Florent, *op. cité*, 2007.
- ³⁵ LAROCHE Florent, BERNARD Alain, « Methodology for Simulating Ancient Technical Systems », in CARRARD Michel, LAMOURI Samir, *Revue internationale d'ingénierie numérique, Integrated Design and Production, CPI 2005*, vol 2, n° 1-2, 2006, p 9-28 ; BERNARD Alain, TICHKIEWITCH Serge (éd.), *Methods and Tools for Effective Knowledge Life-Cycle Management*, Berlin Heidelberg, Springer Verlag 2008, etc.
- ³⁶ LAROCHE Florent, « Quand l'industrie et le patrimoine ne font qu'un : Une expérience scientifique originale réalisée par des étudiants en partenariat avec DCNS », *Hippocampe, Journal de l'Association des Ingénieurs de l'École Centrale de Nantes*, n°61, mars 2009.
- ³⁷ NAEGEL Paul, « Une machine à vapeur pour la forerie de canons d'Indret », web éd. <http://hal.inria.fr>, 2009.
- ³⁸ Pôle historique d'Indret-DCNS et groupe de recherche CFV-IRC-CyN, Nantes, recherche non publiée.
- ³⁹ KEROUANTON Jean-Louis, LAROCHE Florent, « la cintrreuse Bennie des chantiers de La Ciotat », maquette numérique et film, non publié.
- ⁴⁰ LAUBE Sylvain, SIRE Stéphane, « Histoire(s) autour de la maquette du pont tournant de Brest », *Neptunia*, 247, septembre 2007,

p. 48-53.

⁴¹ KEROUANTON Jean-Louis, « Pour l'utilisation des SIG (systèmes d'information géographique) en histoire des techniques : entre documentation et analyse spatiale », *Documents pour l'Histoire des Techniques*, n° 18, décembre 2009, pp. 81-94 ; KEROUANTON Jean-Louis, JOURDIN Sophie et al., « Modélisation numérique et interprétation d'un paysage portuaire : les réseaux du port de Nantes au début du XX^e siècle », *Actes du 135^{ème} Congrès CTHS*, Neuchâtel, CTHS 2011, en cours de publication.

⁴² SIRE Stéphane, COCHOU Dominique, « De l'aide des maquettes virtuelles à la restauration d'un ouvrage d'art historique, le viaduc de Lambézellec (Brest) », *Documents pour l'histoire des techniques*, 18, 2^{ème} semestre 2009, p. 37-42.

⁴³ LOUBET Jean-Louis, HATZFELD Nicolas, programme Usine 3D, *op. cité*.

⁴⁴ LAROCHE Florent, *op. cité*, 2007.