

Usines 3D. La simulation pour questionner les sources et les vestiges de l'histoire industrielle

Serge Benoit, Shadia Kilouchi, Alain Michel, Stéphane Pouyllau

▶ **To cite this version:**

Serge Benoit, Shadia Kilouchi, Alain Michel, Stéphane Pouyllau. Usines 3D. La simulation pour questionner les sources et les vestiges de l'histoire industrielle. Virtual Retrospect 2009, Nov 2009, Pessac, France. pp.31-40. halshs-00537739

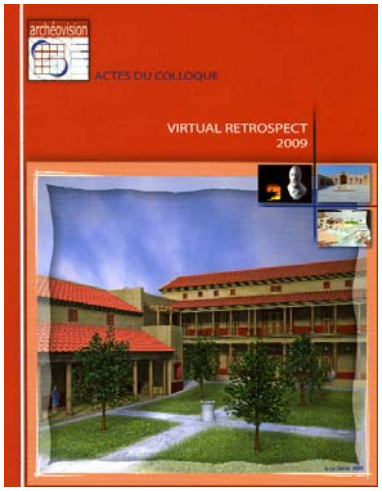
HAL Id: halshs-00537739
https://shs.hal.science/halshs-00537739

Submitted on 19 Nov 2010

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

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

Version en ligne



Vergnieux R. et Delevoie C., éd. (2010), Actes du Colloque Virtual Retrospect 2009, *Archéovision 4*, Editions Ausonius, Bordeaux

Tiré-à-part des Actes du colloque
Virtual Retrospect 2009

Pessac (France) 18, 19 et 20 novembre 2009

S. BENOIT, S. KILOUCHI, A. P. MICHEL, St. POUYLLAU

Usines 3D. La simulation pour questionner les sources et les vestiges de l'histoire industrielle pp.31-40

Conditions d'utilisation :
l'utilisation du contenu de ces pages est limitée à un usage personnel et non commercial.
Tout autre utilisation est soumise à une autorisation préalable.
Contact : virtual.retrospect@archeovision.cnrs.fr

http://archeovision.cnrs.fr

Usines 3D. La simulation pour questionner les sources et les vestiges de l'histoire industrielle

Serge Benoit
Laboratoire d'histoire économique, sociale et des techniques (LHEST)
Département d'histoire, Université d'Evry-Val-d'Essonne
serge.benoit@univ-evry.fr

Shadia Kilouchi
Centre pour la numérisation de sources visuelles du CNRS – www.cn2sv.cnrs.fr
shadia.kilouchi@cn2sv.cnrs.fr

Alain P. Michel
Laboratoire d'histoire économique, sociale et des techniques (LHEST)
Centre de recherche en histoire des sciences et des techniques (CAK-CRHST)
alain.michel@univ-evry.fr

Stéphane Pouyllau
Centre pour la numérisation de sources visuelles du CNRS – www.cn2sv.cnrs.fr
Très grand équipement ADONIS – CNRS – www.tge-adonis.fr
stephane.pouyllau@cn2sv.cnrs.fr

Résumé : *Usines3D* est un programme de recherche en histoire qui explore les questions de la restitution d'espaces industriels. Les analyses historiques s'appuient sur un outil de recherche qui utilise les techniques de la restitution 3D et la mise en relation de données au sein de bases de données interopérables.
Mots-clés : histoire industrielle ; travail à la chaine ; restitution 3D ; web de données ; interopérabilité

Abstract : *Usines3D* is a historical research program that explores issues of industrial spaces. At time, historical analysis of this program are based on a search tool using 3D restitution technologies and linking data through interoperable databases.
Keywords : industrial history ; assembly lines ; 3D model ; web of data ; linked data

Usines 3D est un programme scientifique de recherche en histoire, financé par l'ANR Corpus (2007-034 / U3D) dont nous présentons ici les deux premiers chantiers. D'un côté, le site des forges de Marcenay-le-Lac, représentatif de la sidérurgie proto-industrielle de la Bourgogne du Nord au XIX^e^ siècle. De l'autre, l'atelier C5 de Billancourt dans lequel l'entreprise automobile Renault a mis en place le montage à la chaîne des châssis vers 1920.

Ces réalisations sont le résultat du travail de trois partenaires. Le laboratoire d'histoire économique, sociale et des techniques (LHEST) de l'université d'Évry auquel sont rattachés, Serge Benoit et Alain Michel. Le Centre national de numérisation des sources visuelles (CN2SV), centre de ressources numériques du CNRS, que dirige Stéphane Pouyllau (ingénieur de recherche) et où travaille Shadia Kilouchi (documentaliste CNRS). Finalement, la participation de Loïc Espinasse au sein de la plateforme Archéo-Transfert liée à Archéo-Vision, également centre de ressources et conservatoire des données 3D du patrimoine archéologique, dirigée par Robert Vergnieux (ingénieur CNRS) et installé à l'université Michel de Montaigne-Bordeaux 3. C'est donc une équipe qui travaille à distance et qui combine des compétences en histoire, en développement numérique et en modélisation. Nous avons développé des procédures de traitement informatique pour nous donner les moyens d'une approche inédite des images, sources historiques de première importance, mais souvent ignorées ou instrumentalisées faute de reconnaissance. Ce programme repose sur l'interopérabilité des données de recherche car l'ensemble des sources (iconographiques ou textuelles) est interconnecté au sein d'un corpus de documents informatisés, indexés, et inventoriés de façon à ce que chaque élément puisse être relié et confronté à tous les autres.

Ce corpus interopérable est utilisée à la fois par l'équipe de restitution 3D et les chercheurs et par la documentaliste : les données sont gérées par le CN2SV, hébergées au Centre de calcul de l'IN2P3 – CNRS (Villeurbanne), l'équipe de restitution 3D est située à Bordeaux, les historiens sont basés à l'université d'Évry.

La réalité virtuelle pallie l'effacement des vestiges et participe à la valorisation d'un patrimoine industriel. Mais la reconstitution en 3D ne se contente pas de compenser l'effacement archéologique et nous n'en restons pas à la reproduction de l'enveloppe des bâtiments. L'utilisation de la restitution en 3D, appuyée sur l'analyse systématique de

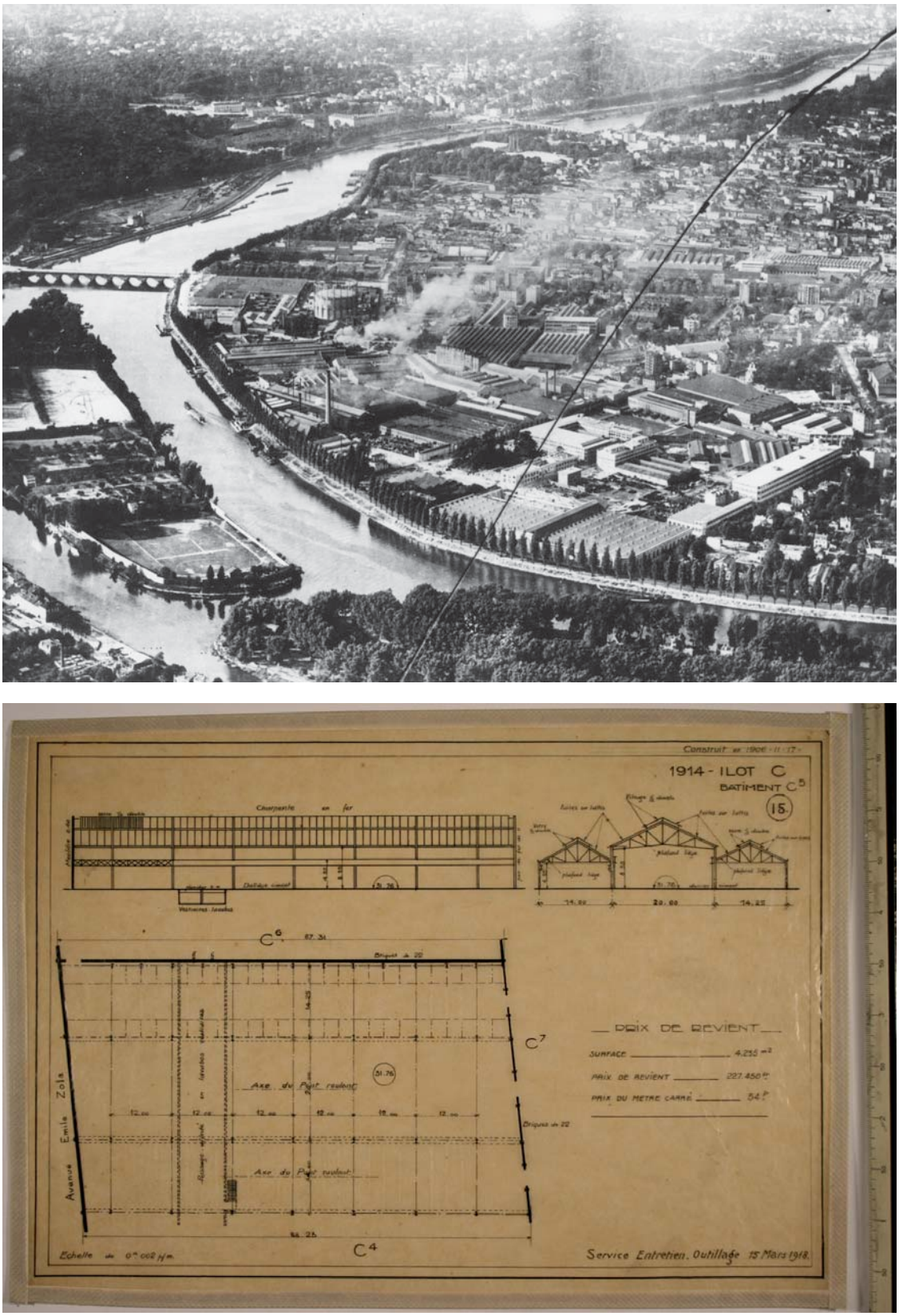


Fig. 1. Présentation du site (vue aérienne de 1919) / plan des ateliers de 1919.
© Renault Communication & Archives de la SHGR.

corpus documentaires complexes, vise surtout à informer l'histoire sociale et technique d'une partie relativement mal connue du travail ouvrier. La modélisation sert d'outil de recherche. C'est bien la question d'une implantation dans un site spécifique (rural ou urbain) et celle du fonctionnement concret d'ateliers de production qu'il importe de documenter. Les ensembles restitués sont des chantiers de recherche d'histoire industrielle contemporaine. Ils profitent de deux atouts des méthodes utilisées en archéologie. D'un côté, la capacité à s'appuyer sur des vestiges et des indices plus que sur des évidences et des écrits : de l'autre, un savoir-faire en matière d'outils de restitution 3D et de réalité virtuelle. Dans ce domaine les sources contemporaines même partielles, génèrent des masses d'informations telles qu'elles suscitent les questionnements spécifiques et renouvellent ainsi les acquis et les outils numériques de l'archéologie.
Après la présentation des deux chantiers historiques de Marcenay et de Renault-Billancourt, nous insisterons sur les outils numériques originaux qui ont été mis en place par le programme *Usines 3D*.

L'ÉNIGME DE LA 13e OPÉRATION DE L'ATELIER C5 : LA SIMULATION COMME OUTIL D'INVESTIGATION

L'analyse de la chaîne d'assemblage des châssis du modèle IM en 1922 relève d'une micro-histoire, "au ras du sol" non pas (encore) de l'immense complexe industriel des usines de Renault à Billancourt, mais d'un atelier spécifique, celui du montage à la chaîne manuelle des châssis du modèle d'entrée de gamme de Renault (fig. 1).

L'étude historique se base sur un corpus d'images numérisées permettant de pallier la pénurie des sources écrites sur le sujet (textes des archives d'entreprises, publications, etc.). Outre les textes, le corpus rassemble principalement quatre types de sources visuelles complémentaires : des séries de plans d'implantation et des reportages photographiques issus des fonds d'archives de l'entreprise : un ensemble de dessins d'illustration de presse et une courte scène d'un documentaire de 1920, tournée dans l'atelier C5. L'ensemble de ces sources compose le corpus documentaire et fournit une vision inédite des chaînes de 1922. Mais la somme de ces documents ne présente pas leur fonctionnement global.
Pour aller au-delà de cette représentation partielle, les outils numériques sont mobilisés (indexation, base de données, etc.) pour mener une analyse systématique de chaque document, pour confronter les informations qu'ils détiennent et pour croiser les points de vues qu'ils révèlent. Mais même lorsque les documents ont été passés au crible de ces moyens informatiques, toutes les interrogations ne sont pas élucidées. Une multitude de pratiques reste dans l'ombre et quelques documents se révèlent même contradictoires les uns par rapport aux autres, posant des problèmes d'interprétation, sans fournir les moyens de trancher.

C'est par exemple "l'énigme de la 13e opération" qui va nous servir ici pour montrer comment seule la rétro simulation de l'agencement des postes sur la chaîne d'assemblage nous a permis de trouver des solutions à des interrogations apparemment insolubles, et illustrer cette efficacité du modèle 3D pour ouvrir les horizons et faire la lumière sur les zones d'ombre de la documentation elle-même.
En effet, deux sources en partie contradictoires documentent la chaîne du châssis IM : un reportage photographique de 27 clichés réalisé en février 1922 et un article publié en septembre de la même année. Cet article, qui présente pour la première fois une chaîne de montage chez Renault, décrit 12 opérations chacune étant illustrée d'un dessin incontestablement effectué à partir des tirages photographiques, ce qui était une pratique courante à l'époque. Sur la photographie du dernier poste de la chaîne, un petit écriteau identifie explicitement la "13e opération". Le détail peut paraître secondaire, mais pour étudier le fonctionnement concret d'une chaîne, il est essentiel de prendre en compte le temps de travail puisque l'ensemble des opérations aboutissant à la fabrication du châssis doivent être équilibrées entre tous les postes. Le caractère analogique et a priori plus réaliste de la photographie ne doit pas seul nous persuader qu'elle a raison et que le dessin a tort.
C'est la modélisation qui va permettre de résoudre l'énigme en particulier grâce au positionnement précis des poteaux visibles sur certaines photographies (fig. 2).

L'enquête commence par la "4e opération" qui concerne essentiellement la pose du moteur. Le pilier est visible à l'arrière plan du cliché et permet de positionner précisément ce poste de travail. À partir de là, la localisation des 5e et 6e opérations ne pose pas de problème, mais les photographies ne sont pas assez précises pour les postes suivants (fig. 3).

L'investigation doit donc continuer à partir de la fin de la chaîne. Le poteau à l'arrière plan du cliché de la "13e opération" permet, par recoupement avec les autres photographies, de placer également les 4 postes précédents. On constate alors qu'il n'y a plus qu'un emplacement pour les opérations 7 et 8. Ainsi le problème n'est pas seulement que les deux opérations distinguées dans l'article s'accomplissent en fait sur le même poste. Car les écriteaux chargés de désigner chaque poste sur le reportage photographique ne sont pas clairs. Aucun des deux documents n'avait raison. Si l'article simplifie le processus et transforme la réalité, les prises de vues photographiques dissimulent une confusion entre les postes et les "opérations", c'est-à-dire entre le lieu du travail et les tâches à accomplir. Or la modélisation souligne que c'est bien le poste (et non l'opération) qui est l'unité de décomposition des tâches et qui permet concrètement d'équilibrer la chaîne. Dans cette période de mise en place d'une nouvelle organisation de la production, cette imprécision témoigne des tâtonnements dans les pratiques



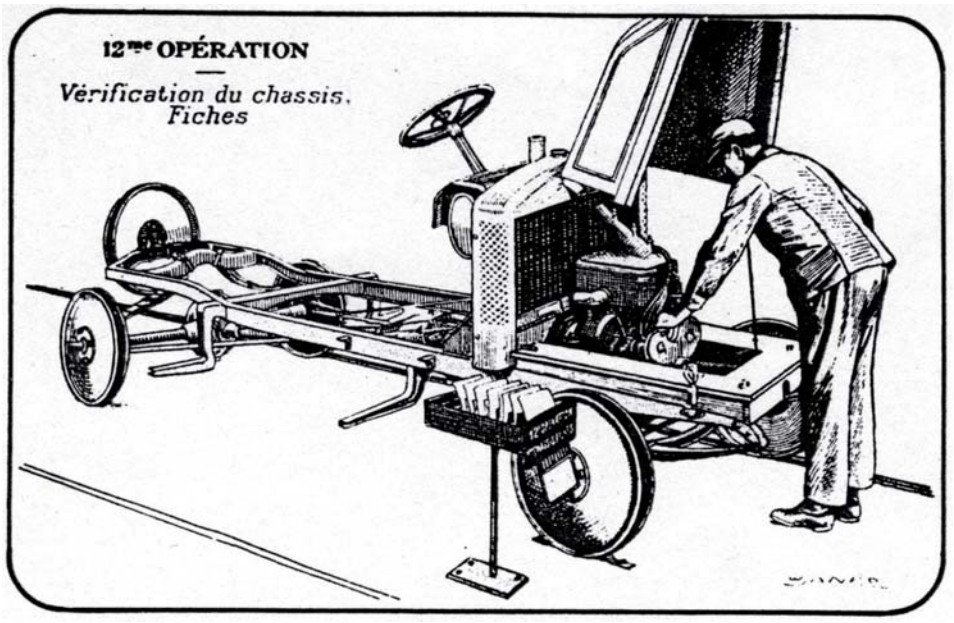
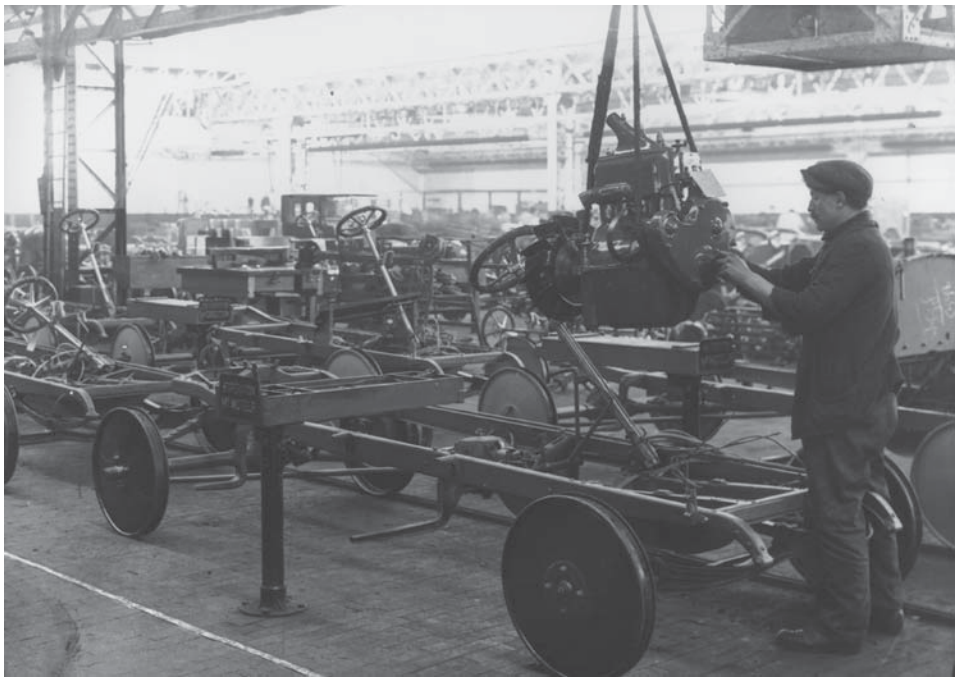


Fig. 2. Photographie et dessin de la dernière opération.
Contradiction entre le cliché de février 1922 et l'article de septembre 1922.
© Renault Communication-DR.

et traduit les imprécisions dans la façon dont le personnel de l'usine ont mis en scène un processus de travail pas encore stabilisé. Seule la modélisation permet de dénouer les fils emmêlés d'une documentation confuse. Ce dénouement est essentiel pour pouvoir ensuite étudier en connaissance de cause la combinaison des gestes ouvriers.

Ainsi, le modèle en réalité virtuelle sert de plateforme de confrontation des ressources documentaires. Il permet de pénétrer dans l'atelier, d'observer la disposition des machines et d'étudier l'organisation du processus de fabrication. Les outils numériques permettent de solutionner des problèmes historiques que les méthodes d'investigation classiques ne peuvent résoudre.



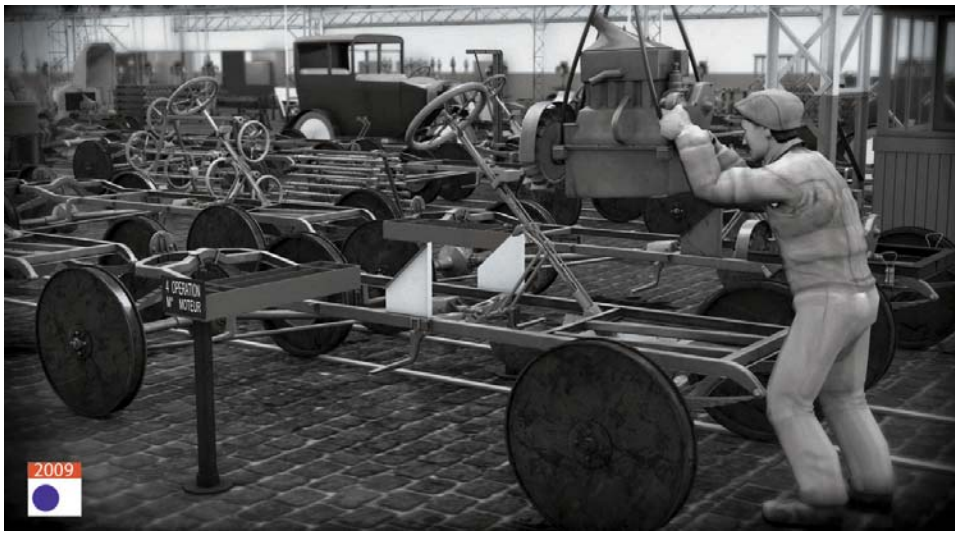


Fig. 3. Photographie et reconstitution virtuelle du poste de l'opération 4
© Renault Communication - 2009 LHEST- ArchéoTransfert-CN2SV-CNRS.

LA RESTITUTION EN 3D DU HAUT FOURNEAU DE MARCENAY (1742-1866) EN CÔTE D'OR : UN OUTIL DE VALORISATION PATRIMONIALE

Ce volet du programme *Usines 3D* développé lui aussi par le LHEST de l'Université d'Évry s'appuie sur tous les acquis d'une activité d'archéologie industrielle déployée depuis 30 ans autour de l'ancienne sidérurgie nord-bourguignonne, par une équipe longtemps basée sur le site de la Grande Forge de Buffon (Côte-d'Or).

À la suite d'inventaires approfondis de ce patrimoine industriel régional, cette activité s'est focalisée sur quelques sites présentant un intérêt particulier, soit pour leur exceptionnalité comme Buffon, soit pour leur représentativité, comme Marcenay et Sainte-Colombe-sur-Seine. Ces sites ont fait l'objet d'une étude historique systématique, architecturale et archéologique, qui a précédé des travaux de restauration menés entre 1979 et 1992 avec l'aide de l'État, du département de la Côte-d'Or, de la Région Bourgogne et de syndicats intercommunaux gestionnaires des sites. Ces initiatives se sont inscrites dans la perspective de la mise en place d'un Musée de la Sidérurgie en Bourgogne du Nord, créé en 1985, en s'appuyant notamment sur la nouvelle structure d'un musée de territoire, le Musée du Pays châtillonnais, ouvert en 2009 à Châtillon-sur-Seine.

Parmi les sites-pivots de ce programme, celui du haut fourneau de Marcenay-Larrey a été retenu pour faire l'objet d'une première expérience de restitution. Le but est d'explorer les potentialités de cette technologie sur une usine de type protoindustriel, puisqu'il s'agit d'un établissement fonctionnant au charbon de bois, qui est resté en activité du milieu du XVIII^e^ siècle à celui du XIX^e^ (1742-1866). Lors de l'engagement du plan de sauvegarde du site, en 1981, celui-ci comportait deux bâtiments conservés en élévation complète : la halle à charbon, flanquée d'un logement de maître-fondeur, située à même la chaussée de l'étang qui fournissait sa force motrice à l'usine, et la tour du haut fourneau, en contrebas de cette même digue. Tout autour d'autres bâtiments et installations avaient disparu : les deux hallettes de soufflage et de coulée adossées à la tour du fourneau, un corps de logements ouvriers, ainsi qu'un grand bâtiment désaffecté qui avait abrité un atelier de fenderie au XVIII^e^ siècle, soit autant d'édifices d'âges divers, alors que les deux vestiges conservés étaient à peu près contemporains. Les deux bâtiments conservés ont fait l'objet d'une restauration en 1982-1985, complétée en 1991-1992. Quelle que soit leur valeur patrimoniale – il s'agit de l'un des rares hauts fourneaux du XVIII^e^ siècle conservés en France – ces éléments ne suffisent pas à fournir par eux-mêmes et à eux seuls au public une exacte compréhension de la structure et du fonctionnement historique du site.

Aux solutions lourdes telles que la reconstruction sur place de parties disparues, ou leur figuration symbolique, suivant des formules employées sur d'autres sites sidérurgiques français ou étrangers, la restitution 3D vise ici à permettre de suivre l'évolution historique de la structure du site, avec ses adjonctions (et suppressions) successives, en fonction d'un séquençage qui fait apparaître 5 phases : 1742, 1761, 1781, 1820, 1847. Sur cette base, on a retenu comme première phase à restituer en 3D, celle correspondant aux décennies 1820 et 1830, comme étant celle qui présentait les incertitudes les moins flagrantes du point de vue des données historiques et archéologiques. Le modèle actuel permet déjà une première appréhension de l'ancienne cohérence du site à cette étape, et modifie d'ores et déjà profondément la perception que l'on pouvait en avoir à partir des vestiges actuels.

En plus de la restitution statique des 5 phases identifiées, le programme en cours vise à restituer le fonctionnement, en animation, des installations techniques centrées autour de la tour du fourneau, et dont une première illustration est fournie avec la soufflerie hydraulique à caisses pyramidales en bois, d'un type encore analogue aux représentations de *L'Encyclopédie* (fig. 4).

Au total, cette expérience constitue une première application de la restitution 3D à des vestiges industriels dont la nature archéologique ne diffère guère, sur le fond, de ceux de l'Antiquité classique, puisqu'il s'agit de bâtiments-usine en maçonnerie. Son intérêt est double: une meilleure interprétation, du point de vue scientifique, du fonctionnement historique du site ; et une meilleure valorisation patrimoniale et muséographique. Les maquettes 3D de cette restitution seront présentées dans le cadre du Musée du Pays châtillonnais, où une salle est spécialement consacrée à l'industrie du fer régionale, voire sur le site de Marcenay lui-même.

Cette première réalisation est conçue comme une étape probatoire d'un programme plus vaste visant à renouveler la compréhension de l'ancienne sidérurgie régionale. La seconde, déjà nettement plus ambitieuse, se proposerait de restituer le plus important établissement de cette industrie ayant existé dans ce secteur, la Forge Marmont à Sainte-Colombe-sur-Seine, pour laquelle il existe une importante documentation textuelle et iconographique d'ores et déjà rassemblée. Il serait possible, sur ce cas, de développer une démarche analogue, à celle mise en œuvre pour le C5 de Billancourt, c'est-à-dire allant jusqu'à la reconstitution des séquences de travail de la fabrication du fer suivant les procédés dits "anglais" au milieu du XIX^e^ siècle. La coupe chronologique ciblée correspondrait à l'apogée du site dans les années 1850. Outre son intérêt scientifique, une telle approche n'ayant jamais encore été tentée sur ce segment de l'histoire des techniques, cette restitution comporterait un débouché muséographique, en s'intégrant complètement aux présentations du Musée du Pays châtillonnais.

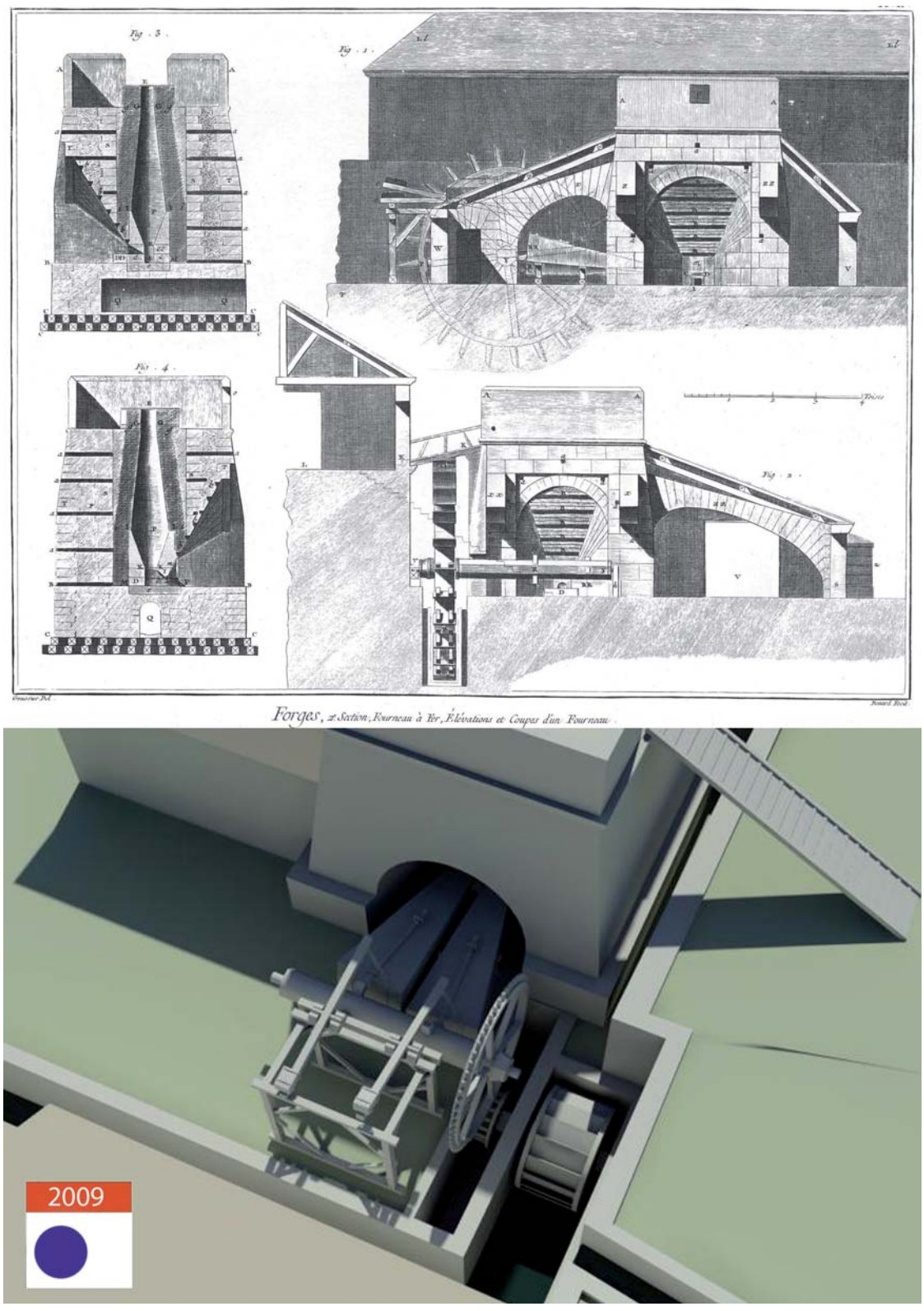


Fig. 4. Restitution du haut-fourneau de Marcenay (Côte-d'Or) et dessin de l'Encyclopédie.
© 2009 LHEST- ArchéoTransfert-CN2SV-CNRS.

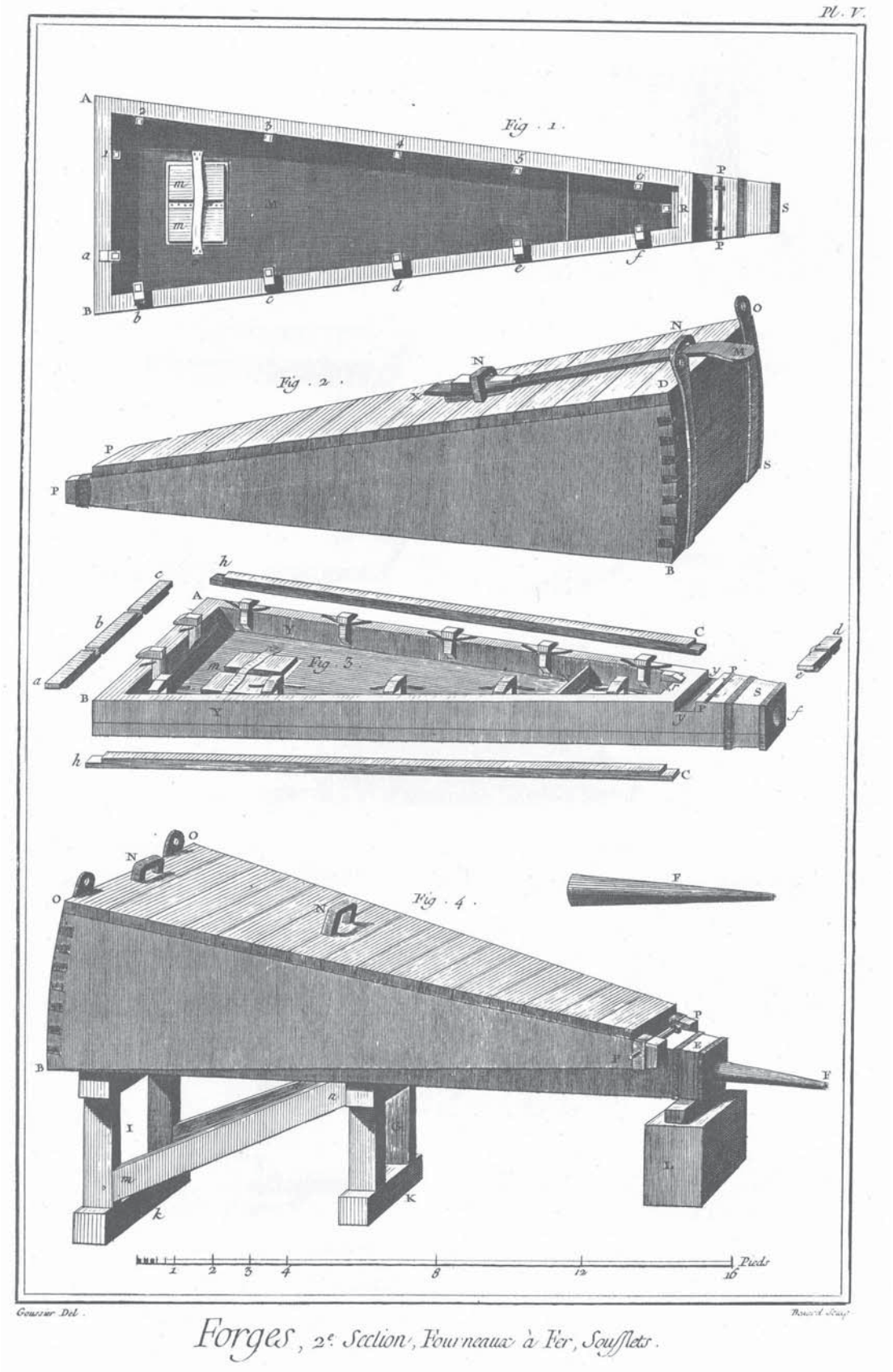

Pl. V.
Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Pieds
Forges, 2e. Section, Fourneaux à Fer, Soufflets.



Fig. 5. Instrument de recherche documentaire du programme 3D (AOMS), © 2009 CN2SV-CNRS.

U3D, LES DONNÉES NUMÉRIQUES POUR FAIRE DE LA RECHERCHE

Dans le programme U3D, l'utilisation des données numériques et des outils de traitement qui y sont associés ont une double ambition: permettre aux chercheurs d'avoir un outil global d'aide à la recherche et placer les données d'archives dans le mouvement du web de données (*web of data*) : future extension du web en cours de réalisation et qui permet d'inter-connecter des données entre elles dans le but de constituer des réservoirs informations (fig. 5).

Le programme U3D fonctionne sur le principe d'une grille de compétences associant historiens, ingénieurs 3D, documentalistes, informaticiens autour d'objets numériques. Les trois équipes sont distantes: elles interviennent sur des domaines différents et complémentaires et doivent utiliser un socle de pratiques communes. Ainsi, deux grandes règles méthodologiques ont été établies en amont du projet :

— L'utilisation de formats de codage ouverts pour les données, les métadonnées, les outils de bases de données et pour le protocole d'échange entre les équipes.

— L'utilisation des technologies du web pour échanger, diffuser les données : tant les données d'archives que les résultats de la recherche ; ainsi un site web, en cours de finalisation, sera le point d'accès unifié à l'ensemble des données d'archives.

Le programme progresse par "chantiers". Un chantier correspond à un site mais aussi à un ensemble de documents comparable à un fonds d'archives. Sur le plan documentaire, quatre étapes sont nécessaires pour réaliser un chantier :

A) Le repérage des documents est réalisé en relation avec les chercheurs, il constitue une étape majeure car il va influer sur les autres étapes mais aussi sur les aspects juridiques. Ce repérage permet aussi de spécifier les unités documentaires de base : reportages, collections, sous-fonds, classeurs, boîtes, etc.

B) L'informatisation regroupe :

– La numérisation des documents : internalisée ou bien sous-traitée, cette étape, qui s'appuie sur les recommandations européennes MINERVA, comporte une phase de contrôle qualité très importante.

– L'indexation et la réalisation d'un inventaire: réalisée par la documentaliste du programme, cette étape consiste à créer un inventaire numérique des documents en s'appuyant sur l'*encoded archive description* ou EAD. Il s'agit d'un fichier écrit en XML : décrivant les documents (contextes, dates, mots clés, etc.), liant les métadonnées aux données, améliorant d'anciennes notices. Cette étape est souvent nommée re-documentarisation des données elle est fondamentale.

C) Le dépôt des documents et de l'inventaire dans une base de données respectant la norme d'interopérabilité OAI-PMH permet de créer des réservoirs pour la modélisation 3D. Fonctionnant comme des bases de données, ils contiennent non seulement la description des documents, mais aussi et surtout les facsimilés de ces derniers. Seules les données contenues dans les réservoirs sont utilisées

pour constituer le modèle 3D d'un chantier. À cette étape, une attention tout particulière est portée à la pérennisation des accès aux données: utilisation d'adresses fixes (URI), cartes de données selon les principes du web de données.

D) Le moissonnage et la mise en ligne, sur le site web du programme, de collections de documents, constituées par l'équipe des chercheurs, dans un but de communication scientifique.

Ces étapes sont réalisées en commun par la documentaliste et le chercheur, ce travail collectif a aussi pour fonction de bien délimiter le corpus nécessaire à la restitution et de placer les données dans un espace numérique pérenne contrôlé par plusieurs acteurs assurant ainsi une chaîne d'accessibilité fondée sur le partage des responsabilités. L'utilisation de format de codage ouverts et documentés, d'outils non-propriétaires et l'adossement à des équipes CNRS reconnues assure une pérennité d'accès aux données.

Ce programme ambitionne de construire, au travers de plusieurs chantiers, un outil d'aide à l'analyse historique. Ce dernier offre la possibilité d'affirmer ou d'infirmer les hypothèses et de confronter les sources entre elles tout en permettant de constituer un corpus de faits pérennes, auquel les chercheurs peuvent se référer. Au service des scientifiques, la méthode et l'outil se veulent aussi réutilisables offrant de nouveaux services d'expérimentation virtuelle plaçant les données numériques dans cette extension du web qu'est le "web de données".

Bibliographie

Association pour la Sauvegarde et l'Animation des Forges de Buffon, éd. (1988) : *Patrimoine sidérurgique du Châtillonnais. Guide de découverte*, Buffon, 56.

Benoit, S. et B. Rignault (1988) : "Le patrimoine sidérurgique du Châtillonnais", in : *Mémoires de la Commission des Antiquités du Département de la Côte-d'Or*, XXXIV, 1984-1986, 387-448.

— (2002) : "L'ancienne sidérurgie, un patrimoine industriel omniprésent", in : *Dossiers d'Archéologie*, n° 284, 114-118.

Lavédrine, B., dir. (2009) : *Genres et usages de la photographie*, Éditions du CTHS (publication électronique).

Michel, A. (2007) : *Travail à la chaîne : Renault 1898-1947*, Boulogne-Billancourt, ETAI.

— (2009) : "La reconstitution virtuelle d'un atelier de Renault-Billancourt : sources, méthodologie et perspectives", *Documents pour l'histoire des techniques*, n° 18, 2° semestre, 23-36.

Pouyllau, S. et A. Michel (2009) : "Du document visuel à la reconstitution virtuelle. L'image de synthèse des usines Renault de Billancourt pendant l'entre-deux-guerres", in : Lavédrine 2009, 65-78.

Pouyllau, S. *et al.* (2006) : "L'archivage des données numériques pour la recherche par le Centre National pour la Numérisation de Sources Visuelles (Centre de Ressources Numériques du CNRS)", in : *Les rencontres 2006 des professionnels de l'IST*, http://hal.archives-ouvertes.fr/halshs-00096110.

