



HAL
open science

Rapport final du projet “ Usines 3D ”

Alain Michel, Stéphane Pouyllau

► **To cite this version:**

Alain Michel, Stéphane Pouyllau. Rapport final du projet “ Usines 3D ”. [Rapport de recherche] Centre Alexandre Koyré - CRHST. 2011. halshs-01592432

HAL Id: halshs-01592432

<https://shs.hal.science/halshs-01592432>

Submitted on 23 Oct 2017

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.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

Rapport final du projet « Usines 3D »

A. Identification

Programme – année	2007
Projet (acronyme)	Usines 3D
Titre complet du projet	Usines 3D : Reconstitution virtuelle d'ateliers et d'usines du patrimoine industriel
Coordinateur du projet Nom, laboratoire, organisme de rattachement	MICHEL Alain LHEST Université d'Evry Val d'Essonne
Partenaire 1 Nom du responsable, laboratoire, organisme de rattachement	MICHEL Alain LHEST Université d'Evry Val d'Essonne
Partenaire 2 Nom du responsable, laboratoire, organisme de rattachement	POUYLLAU Stéphane Centre Alexandre-KOYRE/Centre de recherche en histoire des sciences et des techniques : pôle HSTL/CN2SV
Partenaire 3 Nom du responsable, laboratoire, organisme de rattachement	SMITH Paul Direction générale des patrimoines
Partenaire 4 Nom du responsable, laboratoire, organisme de rattachement	LE MAITRE Claude Société d'histoire du groupe Renault (SHGR)
Période du projet (date début – date fin)	27 décembre 2007 - 27 décembre 2011
Rapport confidentiel (OUI/NON)	NON
Date de fin de confidentialité	SO

Rédacteur de ce rapport

Civilité, prénom, nom	Monsieur MICHEL Alain
Téléphone	01.40.05.85.86 – 06.21.41.43.84
Adresse électronique	alain.michel@univ-evry.fr
Date de rédaction	27 février 2012

B. Rapport scientifique

B.1 - Résumé du travail accompli

Programme Usines 3D : résumé (français)

L'objectif du programme « Usines 3D » a été de reproduire en images de synthèse quatre usines remarquables du patrimoine industriel français afin de documenter l'histoire sociale et technique de cette partie relativement mal connue du travail ouvrier et de l'accomplissement effectif des processus de fabrication. Au-delà des sources classiques de l'histoire, et dans le but de rendre plus intelligibles les routines discrètes de ce qui ne laisse pas de textes, nous nous sommes appuyés sur ce que montrent des corpus d'images (fixes et animées) afin d'offrir un nouvel éclairage sur le sujet et d'accéder, par l'analyse iconographique et l'outil informatique, à de nouvelles connaissances historiques. L'enjeu épistémologique du programme a donc été d'élaborer une méthode originale d'analyse des sources visuelles. Nous avons développé des procédures de traitement informatique et de reconstitution virtuelle pour nous donner les moyens d'une approche inédite des images, sources historiques de première importance, mais souvent ignorées, délaissées ou instrumentalisées faute de reconnaissance et de techniques d'appréhension appropriées.

Le programme U3D documente à différentes échelles et de manière inédite aussi bien le fonctionnement concret d'un atelier de production que son insertion dans un territoire. De l'archéologie, nous avons retenu la capacité à s'appuyer sur des vestiges et des indices plus que sur des évidences et des écrits. Les « Humanités numériques » nous ont donné les moyens de numériser et d'indexer les éléments de nos corpus documentaires, d'établir les bases de données interopérables et d'assurer la pérennité des archives numérisées et des modèles numériques ainsi constitués. La reproduction en 3D de l'enveloppe des bâtiments, la restitution des équipements de fabrication, la remise en mouvement virtuel des mécanismes, voire la reconstitution informatique des activités laborieuses, ne sont pas des objectifs, mais des outils de l'analyse historique.

La numérisation systématique et méthodique des documents d'archives offre de nombreux avantages. Elle facilite la consultation des sources par leur copie en haute définition. L'inventaire des fonds d'archives et l'indexation des documents permettent d'en faire une sauvegarde (numérique) à la fois pérenne et interrogeable. Les bases de données interopérables rendent possibles les croisements et les confrontations entre des documents souvent fragmentaires et difficilement interprétables lorsqu'ils sont isolés les uns des autres. Mais au-delà de cette « numérisation », la modélisation 3D permet de disposer de maquettes (à l'échelle 1) qui servent de « plateformes » d'interprétation pour questionner l'ensemble des détails du corpus documentaire et pour tirer parti du moindre détail dont le sens n'est que rarement inscrit directement dans une image ou un texte particulier. Le modèle 3D donne les moyens de modifier les points de vue, de rendre leur profondeur aux arrières plans et leur netteté aux flous, d'éclairer les zones d'ombre, de rendre accessible l'autre côté du pilier, de faire varier les échelles de l'observation. C'est le rêve de la micro histoire.

Nous avons réalisé quatre modèles numériques servant d'outils de recherche historique. Les versions allégées de ces maquettes sont disponibles auprès du grand public principalement par le biais de démonstrations interactives. Nous pouvons ainsi naviguer entre les différences d'échelles du modèle et retravailler les effets de perspective des images documentaires en 2D. Le fonctionnement d'un atelier peut être mis en relation avec les autres lieux de son environnement, ou relié à son évolution dans le temps. Ces confrontations spatio-temporelles introduisent une quatrième dimension « t » à la reconstitution 3D.

Les sources brutes restent la base du programme « Usines 3D ». La représentation virtuelle est rattachée aux documents qui servent à son élaboration. Le modèle 3D en est le développement

informatique, la maquette l'outil d'interprétation, et le dossier documentaire la plaque tournante. Les documents peuvent être consultés sur un site internet (www.usines3d.fr) soit pour illustrer la visite virtuelle, soit pour justifier son élaboration, soit pour approfondir et compléter une autre étude.

Le programme a également permis la mise en valeur d'un patrimoine industriel souvent menacé de disparition. La reconstitution en 3D ne cherche pas à compenser cet effacement, mais à servir d'outil d'analyse historique tout en étant réceptive aux attentes des entreprises et des villes de tradition industrielle demandeuses de repères concrets et de moyens de transmission des mémoires du travail. Finalement, le programme *Usines 3D* est adaptable à d'autres recherches, ouvert sur d'autres cas industriels hexagonaux et internationaux.

Virtual Factory Program: Abstract (English)

The purpose of this research program has been to reconstitute a virtual image of four significant industrial plants. It is a study in industrial history aiming at the virtual reconstruction of patrimonial vestiges. The idea is not to make up for this industrial disappearance, but to create a new means of informing the relatively unknown history of workers and workshops.

Beyond the virtual representation of those four buildings and machines, the aim of the program has been to exploit the original information brought by series of visual documents. Firms have been mass producers of images. These sources are different from the huge written archives of the direction, and from the published literature on industrial organization. Images present another point of view that has never been systematically used by historians. The stake is important because images show things that no writing talks about. This perspective is central because the research program has thus elaborated a new critical methodology for the historical utilization of images. In this epistemological process, the computers means developed by the program have been essential as they give the possibility of confronting a large number of informal, unwritten records, in order to renew our knowledge on the technological and social history of people who did not leave classical historical traces. In this perspective the archaeological approach teaches how to deal with subtle indications and signs when there is no written evidence. "Digital Humanities" gives us the means of scanning and indexing all the elements of our documentary corpus, to establish interoperable databases and ensure the sustainability of the digital archives and digital models thus formed. They help question these visual documents and acknowledged discourses with the perception of what was actually taking place in the workshops.

The first phase of the program has consisted in the gathering of the complete documentary records of the four specific buildings. Some workshops are known through descriptions, pictures, implementary drawings and films that show the structure of the building (envelope), the agency of the installations (machinery) the variety and the evolution of the job being done (work). An iconographic file has been made for each chosen workshop, making an inventory of the different documents concerning it. The second step is the development of data bases that tie the documents to their original archives and through inter operability, help challenge and confront the information they hold. This construction leads to the last step *i.e.* the development of a computer model that makes it virtually possible to move along the building and see the machine function or the (puppet) workers "work". This visualization gives a radically new documented interpretation of the industrial past, producing unedited information from scattered (and often discredited) historical sources.

We have produced four interactive multimedia research model that help re-question the traditional sources and apprehend visual documents better. The research tool experimented on these factories will be available for other cases in France and abroad, within our partners or beyond. A lighter version of this model will be accessible to a larger audience through public demonstrations. These virtual workshops resituate the space in which the production process was organized, the extension and various restructuring of the edifice. The virtual reinstallation of the workshop makes it possible to determine the materiality of the implementations and to

identify the transformations in the working process. Last, the images of workers on some shifts permit a partial decomposition of the gestures that could be shown in action.

Part of the documents and of the results are available on a web site (www.usines3d.fr). It is an illustration of the way multimedia and computer techniques can produce a new type of constructed historical documents.

B.2 - Rapport scientifique proprement dit

Le programme *Usines 3D* de l'ANR « Corpus et outils de la recherche en sciences humaines et sociales », prévu sur quatre ans (décembre 2007 décembre 2011) a abouti le 3 février 2012 à une demi-journée d'étude à la Cité des sciences et de l'industrie (Paris). Cette manifestation a permis de rendre compte du travail de recherche historique mené depuis janvier 2008 par le LHEST-UEVE (Université d'Evry Val d'Essonne), le CN2SV-CRHST (CNRS/Universcience), le Département du pilotage de la recherche et de la politique scientifique (DAPA-MCC), en collaboration avec Archéovision (CNRS). Elle a présenté la méthode mise en place, les acquis des chantiers engagés et les supports de la dissémination des résultats le plus significatifs.

L'objectif de ce programme a été de reproduire en images de synthèse quatre usines remarquables du patrimoine industriel français afin de documenter l'histoire sociale et technique de cette partie relativement mal connue du travail ouvrier et l'accomplissement effectif des processus de fabrication. Comme les sources historiques manquent ou sont incomplètes, notre recherche s'est appuyée sur l'élaboration de « corpus » documentaires complexes (textes, images, plans, vestiges, etc.) aussi cohérents et exhaustifs que possible. L'interprétation de ces documents (en partie muets) passe par leur traitement informatique (numérisation, indexation, création de bases de données, archivage pérenne, etc.). L'analyse historique est enrichie par la *reconstitution* numérique des usines et ateliers dont nous faisons l'étude. Le modèle 3D n'est pas l'objectif, mais la plateforme d'expérimentation et donc l'outil d'interprétation de la recherche historique.

1. Enjeux, situation du sujet, objectifs et problématique

L'U3D est donc avant tout un programme de recherche historique dont l'enjeu principal est de palier notre méconnaissance d'une partie importante du passé industriel. Quelles nouvelles archives et quelles sources mobiliser pour documenter une histoire dont les traces disparaissent ? Quelle place conserver pour les mémoires qui se délitent ? Quel sens donner aux vestiges qui subsistent dans un paysage en perpétuel bouleversement ? Plus généralement, comment prendre la mesure des dynamiques structurantes des sites industriels du passé contemporain (XIXe – XXe siècles) aux différentes échelles de leur perception historique ?

Autour de cette problématique commune, le programme a privilégié, en complément des archives écrites, l'usage systématique des sources audiovisuelles et des vestiges archéologiques ou patrimoniaux rassemblés dans des dossiers documentaires (ou « corpus ») spécifiques à chaque site (ou « chantier ») étudié. Le programme a entrepris un traitement numérique et une modélisation 3D des données issus des documents rassemblés en corpus, en utilisant autant que possible des outils ouverts et pérennes. Il a réuni autour d'une thématique de recherche partagée, quatre études de cas comparables, conduites par des équipes de spécialistes de ces sites qui ont tous bénéficié de la mise en commun des compétences pluridisciplinaires de tous les partenaires (histoire, documentation, archéologie, humanités numériques). L'objectif final a été l'enrichissement mutuel des savoir-faire et l'élaboration collective, par une réflexion épistémologique et ontologique, d'une méthodologie et d'outils pérennes susceptibles d'être mis à la disposition de l'ensemble de la communauté scientifique.

Grâce à la « réalité numérique 3D », nous suivons l'impact d'une implantation industrielle ou manufacturière sur son territoire, le poids durable des bâtiments et des infrastructures même

après leur disparition du paysage, les traces d'un travail souvent oublié, car en grande partie occulté par les sources historiques classiques. Ces modèles virtuels sont fondés sur l'élaboration de corpus numériques complexes. Ils s'appuient sur le dossier documentaire complet de chaque établissement à reconstituer. Ces sources sont indexées et intégrées à des bases de données informatiques interoperables. La reconstitution en 3D restitue l'enveloppe du bâtiment dans son environnement, suit l'évolution des équipements successifs de l'usine, et permet la simulation des gestes du travail. La maquette sert donc de plateforme de confrontation des ressources documentaires produites par le corpus. Elle propose une représentation correspondant à un état de la recherche et permettant un approfondissement de l'analyse historique. Ainsi par la reproduction en images de synthèse de quatre sites et installations remarquables du patrimoine industriel français, *Usines 3D* documente de façon inédite l'histoire du travail en usine et des processus industriels de fabrication.

2. Matériels (terrains, sources, données...), méthodes et travaux réalisés

Le programme *Usines 3D* porte sur quatre « chantiers » qui ont tous été menés à bien selon une approche similaire. Toutefois, chaque étude a été conduite selon une problématique de recherche spécifique de sorte que quatre angles d'interrogation distincts ont pu être développés.

Le chantier sur Peugeot Sochaux-Montbéliard (Franche-Comté) a porté principalement sur la question de la conquête de l'espace à travers une modélisation de l'évolution territoriale du complexe industriel entre 1912 et 2012. Il a mis en évidence les axes structurants des différentes étapes du développement usinier.

Le chantier de l'usine Clément-Bayard puis Citroën de Levallois (Île-de-France) a surtout interrogé les formes de la mise en valeur des bâtiments industriels chargés de promouvoir la « puissance » et la « modernité » d'une des plus prestigieuses usines du début du XX^{ème} siècle.

Avec la modélisation des postes et des gestes sur les premières chaînes d'assemblage de l'usine Renault de Billancourt (Île-de-France), le chantier de l'atelier C5 a mis en lumière les tâtonnements d'une quête de rationalité.

La restitution des équipements disparus sur le site proto-industriel du haut fourneau de Marcenay (Bourgogne) a permis de redonner un sens aux vestiges subsistant grâce à la rétro-simulation du fonctionnement d'un système technique local.

Au final, ces quatre approches nous ont conduits à élaborer des outils de modélisation différents et nous ont permis de développer une gamme de produits numériques complémentaires.

Chaque site a été documenté par son corpus propre, lui-même intégré au corpus numérique global du programme *Usines 3D*. En effet les différents dossiers documentaires avaient une structure similaire : les données sont de nature hétérogène, chaque corpus étant composé de sources iconographiques diverses (photographies, plans, cartes, schémas, voire films...) et de documents textuels. En raison de cette proximité typologique des archives mobilisées et pour des raisons d'efficacité, nous avons décidé d'appliquer la même méthodologie et le même traitement documentaire aux quatre sites, afin d'établir des procédures génériques à ce type de corpus.

Le programme a donc réuni les quatre équipes autour de trois types de compétences complémentaires. En premier lieu, le laboratoire d'histoire économique, sociale et des techniques (LHEST) de l'université d'Évry s'est mobilisé pour son expertise historique sur Peugeot Sochaux- Montbéliard, Renault Billancourt et Le Haut Fourneau de Marcenay, cependant que le département du pilotage de la recherche et de la politique scientifique de la direction de l'Architecture et des Patrimoines au ministère de la Culture et de la Communication (DAPA-MCC) a assuré l'expertise historique pour Clément-Bayard/Citroën de Levallois. En second lieu, le Centre national pour la numérisation des sources visuelles (CN2SV du CNRS initialement implanté au CRHST-Universcience) est intervenu pour son expertise en

numérisation des sources et en gestion des bases de données. Enfin, ArchéoVision (du CNRS et en lien avec Université de Bordeaux 3) a été notre prestataire pour les questions de restitution et de modelage tri dimensionnels. Le CN2SV et ArchéoVision sont aujourd'hui deux centres de ressources numériques intervenant dans le cadre du Très Grand Equipement (TGE) ADONIS. Il s'agit donc d'un travail d'équipes pluridisciplinaires par lequel les moyens des Technologies de l'information et de la communication (TIC) sont mis au service de la recherche historique.

Notre programme s'est organisé en 3 temps. D'abord, nous avons assemblé le dossier documentaire complet de chaque lieu et bâtiments à reconstituer. Les entreprises détiennent de remarquables fonds d'archives visuelles qui permettent de retracer l'histoire des installations. Ce sont des plans d'implantation, des films industriels et des photographies de bâtiments, ainsi que des textes qui les décrivent. L'inventaire de ces documents bruts a été l'occasion d'en établir l'indexation et d'en réaliser une reproduction. Nous avons constitué ainsi un corpus raisonné de documents numérisés qui ont été classés par date et selon la zone de l'édifice. Ainsi, tous les éléments du corpus sont restés rattachés, par un fichier d'informations, à leur source archivistique d'origine.

À partir du dossier documentaire, la seconde étape a consisté à élaborer des bases de données informatiques qui permettent l'interopérabilité entre les éléments. La base « Images » informe chaque document visuel du corpus. La base « Connaissances » relie les documents à des interprétations historiques. La base de données « Unicos » décompose les images en objets potentiels d'information spécifiques. La base « Jointures » reliant toutes ces données entre elles.

La modélisation a constitué le troisième temps de cette reconstitution. C'est le développement CAO qui établit la représentation dynamique du lieu. La modélisation commence par la reconstitution virtuelle de l'enveloppe du bâtiment. Elle se prolonge par celle des équipements successifs de l'atelier. L'extraction d'une maquette montre l'état du modèle à un moment « t ». C'est l'ultime gain d'intelligibilité apporté à l'historien par le programme *Usines 3D*.

3. Résultats scientifiques obtenus, présentation de leur caractère original, mise en perspective avec les attentes initiales et l'état de l'art

Le programme de recherche U3D a abouti à une meilleure connaissance historique pour chacun des quatre sites industriels étudiés.

Les équipements du site proto-industriel du haut fourneau de Marcenay en Bourgogne

Ce chantier visait à montrer la diversité des applications auxquelles la numérisation 3 D pouvait se prêter, en termes d'activité comme de structures productives. Ainsi à côté de la restitution d'unités de production de très grande taille du XXe siècle, il a paru intéressant, dans le cadre de ce programme, de chercher à restituer des types d'ateliers relevant non seulement de périodes antérieures, mais d'un tout autre type de logiques et d'espaces productifs.

Ayant participé pendant plus de vingt ans à l'une des plus anciennes expériences d'enquête et de valorisation d'un patrimoine sidérurgique régional d'origine proto-industrielle, celui de la Bourgogne du Nord, le LHEST a été en mesure de mettre à la disposition du programme les importantes ressources documentaires qui avaient été accumulées par l'équipe de l'Association de sauvegarde et de mise en valeur qui s'était constituée en 1978 autour du site de Buffon. Cette documentation permet en effet de disposer des éléments suffisants pour envisager des restitutions en 3 D d'usines à fer d'ancien type. Plus d'une centaine de sites ont ainsi fait l'objet depuis 1979-80 d'un inventaire systématique - le premier du genre, à l'origine, à avoir été entrepris en France -, dans les archives et sur le terrain. Cette recherche fondamentale a été menée dans le cadre de programmes successifs menés d'abord sur la partie septentrionale du département, puis sa partie sud, par le Musée de la Sidérurgie en Bourgogne du Nord (porté à

l'origine par l'Association pour la sauvegarde et l'animation des Forges de Buffon), avec l'aide de la D.G.R.S.T., du ministère de la Culture et du Conseil général de Côte-d'Or. De cette enquête de longue durée, il ressort que l'on a affaire ici à l'un des patrimoines de l'ancienne sidérurgie française comptant parmi les plus riches et les mieux conservés de France. Elle a débouché sur le plan de la valorisation, sur des publications les unes à caractère scientifique, les autres de vulgarisation, de nombreuses expositions, et la restauration de plusieurs sites réalisée avec l'aide des collectivités territoriales et de l'État (Grande Forge de Buffon, hauts fourneaux de Marcenay-le-Lac et d'Ampilly-le-Sec, logements ouvriers de la Forge Marmont à Sainte-Colombe-sur-Seine). Ces recherches ont, parallèlement, incité les pouvoirs publics concernés à prendre plusieurs mesures de protection administratives au titre des Monuments historiques.

Pour ce qui concerne le programme Usines 3D, parmi la centaine de sites de l'ancienne sidérurgie qui ont été inventoriés en Côte-d'Or, tant sur le plan historique que patrimonial c'est le site de Marcenay qui a été choisi. Il a été construit en 1742-1743, pour le compte du prince de Condé, sur un domaine dont les revenus étaient affectés à l'Hôpital de Chantilly. C'est la restitution de la troisième phase historique du site, 1820-1830, qui a été retenue, dans la mesure où celle-ci présentait le moins d'incertitudes, eu égard à la cohérence et à la suffisance des différentes sources, contemporaines et postérieures, disponibles. Ce site de dimension relativement modeste présente de nombreuses caractéristiques qui le recommandent pour être retenu en priorité en vue d'une première expérience de restitution en 3 D, à savoir :

1. Sa représentativité, comme type même de haut fourneau isolé proto-industriel en milieu rural, en même temps que le fait d'être l'un des rares ateliers de ce type directement issus du XVIII^e siècle, ce qui lui confère un intérêt typologique de premier ordre, sur un plan régional voire national.
2. Aspect découlant du précédent, le caractère maîtrisable de sa dimension en tant qu'ensemble monumental: le site a compris historiquement un petit nombre de bâtiments (5-6 au maximum) regroupés au pied de la digue de l'étang et sur celle-ci même, ce qui lui confère son unité spatiale.
3. Le bon état de conservation des deux bâtiments fondamentaux d'un atelier de ce genre constitués par la tour du haut fourneau et la halle à charbon flanquée du logement du maître-fondeur, intégralement conservés en élévation.
4. La présence autour de ces deux vestiges monumentaux de constructions aujourd'hui disparues, mais sur lesquelles on dispose de suffisamment d'éléments pour en envisager une restitution virtuelle: les hallettes jouxtant la tour du fourneau (qui ont en outre connu des modifications au cours du temps), les aménagements liés à l'adjonction d'une machine à vapeur de secours au milieu du XIX^e siècle, le bâtiment de la fenderie, le corps de logements ouvriers adossé à la digue en contrebas de la rampe desservant la halle à charbon. Il convient d'y ajouter les installations hydrauliques alimentant l'ancienne roue motrice, aux emprises toujours reconnaissables, ainsi que le canal de fuite du fourneau, qui est en fait la tête du ruisseau émissaire du lac allant confluer dans la Laignes au voisinage immédiat du village de Griselles.
5. La spécificité de son implantation et de son environnement immédiat: le site monumental ne peut être séparé du grand étang et de la digue artificielle qui le barre et avec laquelle s'articule étroitement et de manière caractéristique la disposition d'ensemble du site bâti. Il s'y ajoute non moins l'ampleur des perspectives paysagères sur l'horizon desquels se dégage le site du fourneau et du lac, avec au fond vers le nord le front de côtes, surmonté d'une couverture boisée, du Châtillonnais s'étirant sur des dizaines de kilomètres, et vers le sud, les grands espaces plans de la Vallée châtilonnaise: aujourd'hui voués à la seule culture, ceux-ci furent,

pendant des siècles, le cadre d'une extraction minière intensive, au moyen de tranchées à ciel ouvert, cependant que les coteaux furent, dans le même temps, couverts de vignes jusqu'à la fin du XIXe siècle.

6. L'assurance d'une valorisation rapprochée sur le plan muséographique : une restitution en 3D constitue un produit susceptible de recevoir, sans adaptations excessives, un débouché à destination du grand public. Le Musée du Châtillonnais, qui se met actuellement en place à Châtillon-sur-Seine, dans les locaux classés monument historique de l'ancien couvent des Bernardins (ancien hôpital municipal), sous l'égide de la Communauté de communes du Pays Châtillonnais, et qui comportera une section spécifiquement consacrée à l'ancienne sidérurgie régionale, offrira dans les toutes prochaines années le cadre tout désigné pour présenter au public une telle production. Un second lieu possible de présentation pourrait être constitué ultérieurement, sur le site du fourneau de Marcenay lui-même, si le programme proposé aux élus dès 1990 de valorisation culturelle de la halle à charbon venait à être réactivé, en liaison aussi avec la relance en perspective du projet d'un itinéraire des anciennes forges en Bourgogne du Nord.

Les problématiques historiques dans lesquelles ce projet s'est délibérément inscrit ont guidé plusieurs objectifs et partis-pris, associés et complémentaires, de restitution :

1. L'insertion rurale du site : elle renvoie à l'insertion de la protoindustrie dans le monde rural, fournisseur ici à la fois de la matière première – le minerai de fer extrait ici aux environs immédiats du site, dans une zone de plaine, dite la « Vallée châtilonnaise ».

2. La dépendance de l'établissement à l'égard des énergies renouvelables classiques comme autre composante essentielle de la protoindustrialisation, manifestée ici par la présence de l'étang fournisseur de la force motrice hydraulique et d'une certaine capacité de stockage d'énergie, et tout autant le voisinage immédiat, au sommet du front de côte, d'un massif forestier procurant le combustible végétal utilisé par le haut fourneau, d'où l'importance donnée à la figuration de ces deux éléments de l'environnement naturel du site dans leur rôle fonctionnel aussi bien que paysager.

3. L'insertion du site dans la ruralité s'exprimant aussi par le caractère vernaculaire du mode de construction et de l'architecture des différents bâtiments constitutifs du site, qu'il s'agisse des édifices proprement techniques – articulés autour de la notion de bâtiments-machines, dont le haut fourneau représente l'élément majeur -, que des dépendances qui leur sont intrinsèquement associées : halle à charbon, logements du personnel ; la nécessité de faire ressortir l'emploi de matériaux locaux, leur façonnage spécifique manifesté par la stéréotomie des tailleurs de pierre châtilonnais provenant ici de plusieurs époques avec le réemploi ici de matériaux médiévaux, en raison de leur robustesse, pour les piliers de la tour du fourneau ; D'où le soin particulier et le réalisme demandés pour la restitution de ces éléments du cadre bâti, jusque dans le grain et la teinte de la pierre, en grand appareil aussi bien qu'en simples moellons.

L'objectif qui était de reconstituer le site sur le plan de la consistance de ses bâtiments et de leur morphologie architecturale, de son environnement hydraulique et forestier, peut être considéré comme atteint. La cohérence ancienne du site, à l'époque retenue, peut donc être à nouveau perçue.



Vue 3D aérienne du haut fourneau, de ses bâtiments, annexes et du plan d'eau

Les bases existent, sur le modèle, d'une circulation à l'intérieur des bâtiments, de la halle à charbon, des hallettes du haut fourneau et même de celui-ci, dans la mesure où les dimensions de sa cuve sont connues. Un cheminement entre les différents éléments du site, visant à faire comprendre les étapes du cycle productif, en termes de circulation logique de l'un à l'autre, des matières premières et des personnels, sans figurer pour le moment ni les uns ni les autres, est donc praticable.



Vue 3D des logements ouvriers (à gauche) et des hallettes du haut fourneau

La restitution, en vue de donner une intelligibilité supplémentaire à l'ensemble, de la soufflerie avec sa roue hydraulique a constitué un ajout par rapport au programme initial. C'est elle qui a occasionné les plus grandes difficultés, faute de disposer de plans anciens détaillés.



Vue 3D de la soufflerie avec sa roue hydraulique

Il a fallu s'appuyer ici sur des données dimensionnelles fournies par les sources d'archives, ainsi que par les vestiges subsistant sur le terrain du canal d'aménée, du coursier et des paliers de roulement de la roue, tout en tenant compte des effets de la restauration purement architecturale de ces éléments qui avait été faite au milieu des années 1980 sans étude technique préalable spécifique. Mais le caractère canonique des souffleries à caisses pyramidales en bois ayant existé sur le site jusque dans les années 1840 ne laisse guère de doutes sur ce qu'était leur configuration, de même qu'il a été possible ici de bénéficier de l'expérience pratique de conception d'une soufflerie de ce type obtenue lors de la reconstruction grandeur nature et en fonctionnement de celle du haut fourneau de Buffon, d'une tout autre dimension, dans les années 1980, qui était mue de surcroît par une roue à pales et non par une roue à augets.

Les données recueillies lors de la restauration ont certes permis de restituer la véritable hauteur de la tour du haut fourneau avec une bonne approximation. Mais le fait de n'avoir pu procéder, comme cela était souhaité, à des sondages dans les sols autour de la tour du fourneau et à l'emplacement de l'ancienne fonderie, a conduit pour ces endroits à un certain nombre d'approximations, là où les données du cadastre ou de plans plus anciens, s'avéraient insuffisantes ou contradictoires, ainsi à propos des canaux d'aménée et de fuite de la fenderie, ou encore des ouvertures de certains bâtiments comme le corps de logement ouvrier, qu'il a fallu restituer dans son étage construit au début des années 1860. C'est pour les bacs de lavage du minerai, sur lesquels on ne disposait d'aucun plan détaillé, que se sont fait jour les plus grandes incertitudes, ce qui a conduit à les figurer comme « en pointillé ».

Le programme a déjà permis une importante avancée dans la connaissance historique du site, par rapport à l'état où elle se trouvait à l'époque des travaux de restauration, entre 1981 et 1992. Il a en effet amené à rechercher de nouvelles sources sur plusieurs gisements documentaires qui n'avaient été que partiellement exploitées jusque-là, essentiellement aux Archives nationales et plus encore aux Archives départementales de la Côte-d'Or, pour ce qui concerne le XIXe siècle, ou qui n'avaient pas encore été visitées, avant tout aux Archives du Musée Condé au Château de Chantilly, pour ce qui concerne le XVIIIe siècle. Certes, au terme de cette prospection, des aspects de cette histoire de l'établissement restent encore à préciser ou à éclairer, notamment sur sa phase finale, en ce qui concerne son fonctionnement et son activité sous ses derniers exploitants indépendants.

Sous réserve de pouvoir compléter les données actuellement disponibles sur un plan

archivistique et archéologique (par la réalisation de sondages dans les sols notamment autour de la tour du fourneau, à l'emplacement de l'ancien corps de logements ouvriers, à celui de l'ancienne fenderie), il serait envisageable de poursuivre le programme initialement envisagé en vue de restituer l'état originel du site lors de l'implantation de l'usine, celui des années 1770, et, dans la mesure où l'on parviendrait à obtenir des informations complémentaires sur l'installation à vapeur mise en place en 1847 (notamment à la faveur de la possibilité d'avoir accès de nouveau aux archives du Service des Mines de Dijon en cours de classement, qui étaient demeurées indisponibles pendant plus de trente ans), son état terminal de 1847-1866. Les données déjà disponibles rendent envisageable une reconstitution des machineries de la fenderie, qui serait une première, un tel équipement n'étant connu jusqu'ici que par les représentations des traités techniques du temps, à commencer par celles de *L'Encyclopédie*, mais non par des figurations correspondant à un ou des sites particuliers pleinement identifiés. À ce stade d'avancement, il serait possible d'envisager une animation restituant les séquences de travail avec les ouvriers internes et externes s'affairant sur le site et autour de celui-ci, ainsi que les mouvements de transport des matières premières et produits finis.

La continuation du programme viserait donc à renforcer la dimension d'histoire des techniques des restitutions, en plus d'une plus grande exactitude de leur dimension monumentale et architecturale dans leur finalité patrimoniale.

Une telle ambition impliquera d'élargir l'équipe des techniciens concourant à la modélisation à des spécialistes de la restitution de machines anciennes.

L'opération réalisée est appelée à trouver à court terme sa valorisation sous diverses manières au Musée du pays châillonnais ouvert au public depuis l'été 2010 dans l'ancien Couvent des Bernardins classé Monument historique (ancien hôpital municipal), et dans lequel le Musée de la Sidérurgie en Bourgogne du Nord dispose d'ores et déjà d'une salle consacrée à part entière à sa thématique. Une borne vidéo présentant la restitution de Marcenay y formera un complément des maquettes et œuvres picturales et autres ressources visuelles déjà installées.

Cette restitution trouvera prochainement sa pleine valorisation dans l'exposition temporaire spécifiquement consacrée à la métallurgie châillonnaise sur sa longue durée - normalement prévue pour une durée de six mois - qui sera présentée au même Musée du pays châillonnais durant la seconde moitié de l'année 2012.

Par ailleurs, ce produit devrait faciliter une relance de la valorisation du site par la collectivité locale propriétaire, déjà en ce qui concerne les travaux d'entretien, les missions sur place ayant fait apparaître certaines dégradations sur plusieurs parties des bâtiments par rapport à l'état final de leur restauration en 1990-1992. Il pourrait servir à inciter le maître d'ouvrage à donner une valorisation renouvelée à l'utilisation de la halle à charbon comme salle polyvalente, en commençant à lui donner la dimension d'évocation historique du site comme une première concrétisation probatoire et réaliste du programme global d'aménagement qui avait été élaboré en 1990.

L'évolution territoriale du complexe industriel de Peugeot Sochaux (Franche-Comté) de 1912 à 2012.

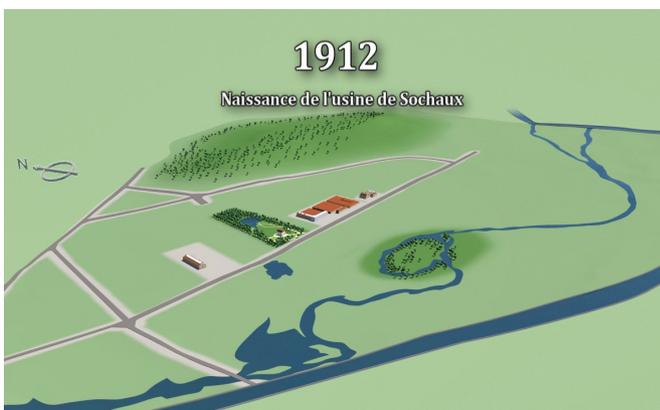
Les usines Peugeot de Sochaux-Montbéliard sont singulières à plus d'un titre. Alors que dans la première moitié du siècle les installations des constructeurs automobiles de grande série sont parisiennes, celle de Peugeot est provinciale ; alors que dans la seconde moitié ces mêmes constructeurs ont dû abandonner leur site historique - Javel, Billancourt, le Lingotto (Fiat), Berlin (Ford)... -, Peugeot garde son usine de Sochaux et fête en 2012 le centième anniversaire de celle-ci. Enfin, alors que les regards se sont focalisés sur une France industrielle marquée par des usines symboliques - l'île Seguin -, la place de Sochaux a longtemps été occultée : l'usine devient, durant les Trente Glorieuses, le plus grand site industriel français en termes d'effectifs.

Si l'histoire de Peugeot a été étudiée par plusieurs chercheurs (R. Belot, Y. Cohen, N. Hatzfeld, P. Lamard, J-L Loubet...), tant à partir de sources écrites que de témoignages et de sources iconographiques (plans, calques, schémas, photographies...), il restait à utiliser celles-ci comme éléments décisifs pour confirmer, infléchir ou amender certaines conclusions d'ensemble. Force est de constater que la représentation 3D conduit à cette mise à l'épreuve et offre un regard global très significatif sur les tentatives opérées durant un siècle pour d'abord conjuguer la croissance à la topographie, ensuite associer la course au volume à l'organisation industrielle, enfin permettre la remise en cause d'un système et l'émergence d'un autre, et ce dans un périmètre géographique qui semblait apparemment figé.

En cent ans, Sochaux n'a cessé de se transformer dans une profession qui s'est elle-même métamorphosée. Trois moments apparaissent clairement :

1. La construction d'un site dédié à la grande série

Si l'usine naît en 1912 autour de la fabrication de camions, elle élargit très vite son champ d'action du fait de la Grande Guerre. Dès lors, Peugeot mesure le potentiel du site de Sochaux et dresse en 1917 un plan à long terme visant la construction d'une usine rationnelle de construction automobile. Quatre usines d'amont (Forge, Mécanique, Carrosserie et Fonderie) sont progressivement installées au nord d'une route nationale qui coupe l'espace. Ces usines vont ensuite alimenter une usine de Carrosserie (usine terminale) implantée au sud de ladite nationale. L'usine s'installe dans une logique nord-sud, c'est le Grand Sochaux



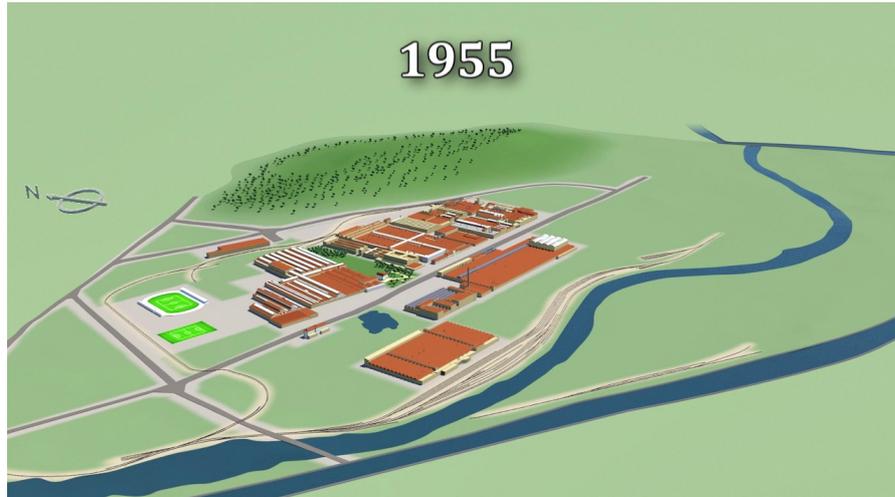
Vue 3D de la naissance de l'usine



Vue 3D du Grand Sochaux en 1929

2. L'extension pour la production de masse

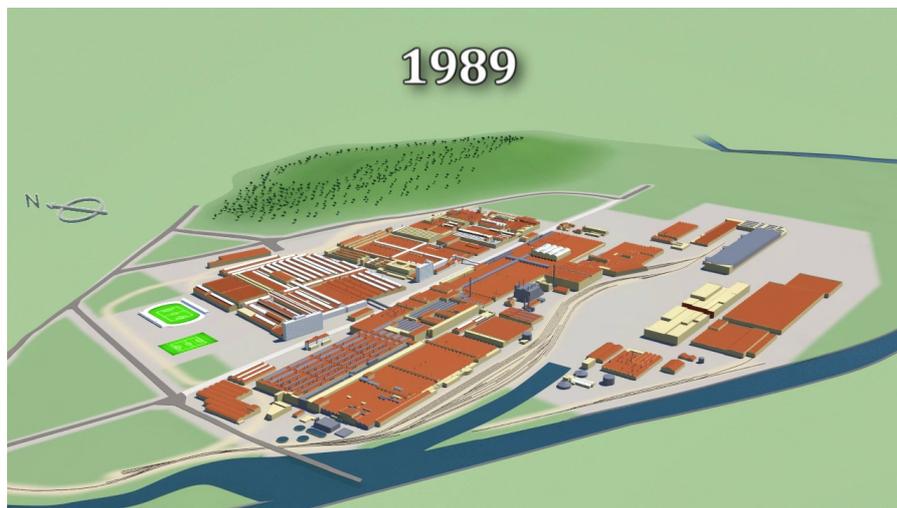
Des années 1930 aux années 1970, Sochaux poursuit son expansion, passant à la production de masse après la Seconde Guerre. De façon parallèle, l'usine étend son emprise sur la totalité des terrains nord, et commence la « conquête du sud ». La route nationale qui a, un temps, fait office de limite, devient l'axe de symétrie de l'usine. La logique rationnelle nord-sud – dictée par l'emplacement des usines d'amont et d'aval – tend à s'estomper à mesure que la partie sud se construit sur des terrains à l'origine inappropriés (car marécageux et inondables) : la rivière canalisée conduit d'est en ouest, au point de désaxer l'usine et son organisation. Ce renoncement à la logique du Grand Sochaux de 1929 laisse entrevoir la prochaine évolution du site.



Vue 3D du site en 1955

3. L'usine redessinée pour le juste à temps

Avec la crise des années 1980, Peugeot redessine l'usine de Sochaux dans la partie sud-est, en récupérant des terrains sur une rivière entièrement déviée dans le canal Rhin-Rhône. Sochaux reprend d'autant mieux toute la cohérence amont-aval que les usines originelles du nord – Forges, Fonderies et Mécaniques – sont modifiées, voire réutilisées à d'autres fins, restructurées dans la logique des flux tendus et du juste à temps. Inscrite dans la logique industrielle des plateformes, l'usine de Sochaux est dédiée aux modèles moyens de marques Peugeot et Citroën, ceux-là mêmes qui enregistrent les meilleures ventes, donnant au site centenaire une vitalité aux accents de pérennité.



Vue 3D du site après le contournement de la rivière

La reconstitution 3D est dès lors une réelle source d'éclaircissements, capable de mettre de la cohérence dans une perspective historique longue. Dans le cas de Sochaux, elle parvient à mettre en parallèle l'étude macro et micro du site, de comprendre l'immédiateté des changements, et déjà d'en mesurer les conséquences à plus long terme. Plus qu'un outil pédagogique, la reconstitution 3D juxtapose la cohérence d'analyse à une logique spatiale

d'ensemble, devenant un atout essentiel dans la compréhension des logiques industrielles et organisationnelles.

L'architecture de prestige de l'usine Clément-Bayard (puis Citroën) de Levallois (Île-de-France) pendant l'entre-deux-guerres.

Vers le milieu des années 1980, deux initiatives de recherche publique focalisèrent l'attention sur l'usine Citroën de Levallois-Perret. Il s'agissait, d'une part, d'une recherche financée par le plan Lieux de Travail et Constructions publiques à la Direction de l'architecture et de l'urbanisme au sein du ministère de l'Équipement, du Logement et de l'Aménagement du Territoire et de l'Urbanisme. Celle-ci consistait en un audit des archives historiques conservées par Citroën-Ingénierie dans plusieurs lieux à Levallois-Perret, à proximité de ce qui était alors le siège de l'entreprise Citroën, à Neuilly-sur-Seine. En tant qu'héritier des différents services bâtiments ayant existé au sein de l'entreprise, Citroën-Ingénierie était en effet dépositaire d'une importante archive de plans. Pour partie, ces plans intéressaient les divers bâtiments – succursales et garages de concessionnaires – du réseau commercial mis en place par André Citroën à partir de 1919. Mais la plupart des documents concernaient les unités de production de la firme, à commencer par celle du quai de Javel. Dans les dossiers relevant de l'usine de Levallois-Perret, acquise par Citroën au début des années 1920, ont été retrouvés un certain nombre de plans concernant la construction d'origine de l'ensemble pour Adolphe Clément, à partir de 1896.

La deuxième recherche fut entreprise à l'initiative de la Cellule du patrimoine industriel, créée en 1983 au sein des services centraux de l'Inventaire général des monuments et des Richesses artistiques de la France, au Ministère de la Culture. Financée par cette Cellule, une première enquête s'était déjà intéressée à l'histoire des usines Citroën du quai de Javel, cherchant à constituer une mémoire des lieux au moment où les bâtiments disparaissaient et en prévision de l'implantation sur ce site, pour 1989, d'une exposition universelle en commémoration du bicentenaire de la Révolution. À la suite de cette recherche sur le quai de Javel, il a paru souhaitable d'établir sur l'usine Citroën de Levallois-Perret un dossier documentaire comparable, mais s'intégrant dorénavant au repérage national du patrimoine industriel lancé par la Cellule en 1986. Le dossier sur Levallois-Perret appartient ainsi au recensement du patrimoine industriel dans le département des Hauts-de-Seine, mené à bien par le service régional de l'Inventaire en Île-de-France.

Se basant sur ces deux initiatives, un dossier documentaire a pu être établi sur l'usine de Levallois-Perret, dossier finalisé en 1988 au moment de la démolition des bâtiments. D'un point de vue méthodologique, ce travail permettait de constituer un dossier dit d'ensemble, traitant d'un site industriel formant un tout cohérent, mais réparti sur plusieurs parcelles cadastrales. En effet, en dehors de l'usine principale donnant sur le quai Michelet, l'ensemble Citroën à Levallois-Perret englobait trois autres sites dans la commune, dits Clément, Rothschild et Greffülhe. Pour l'opération de repérage du patrimoine industriel, l'organisation de tels dossiers documentaires avec des sous-dossiers traitant d'usines ou d'ateliers en tant que « parties constituantes » d'un ensemble soulevait quelques difficultés. Ainsi, l'organisation du dossier sur Levallois-Perret a-t-elle pu servir de « modèle », repris, par exemple, en 1990, pour la documentation sur l'ensemble de construction automobile dite Société Renault Frères, puis Société des Automobiles Louis Renault puis S.A. des Usines Renault, actuellement Régie Nationale des Usines Renault.

Conformément aux objectifs du repérage national du patrimoine industriel, le travail sur l'usine de Levallois-Perret au cours des années 1980 n'avait d'autre ambition que de « documenter » l'ensemble, d'en faire un inventaire visuel rapide juste avant décès. Il ne s'agissait nullement d'une recherche approfondie de type universitaire, le repérage ayant pour ambition d'informer ou d'orienter de telles recherches, mais pas de les effectuer. L'enquête sur l'usine de Levallois-Perret a néanmoins pu rassembler et faire reproduire dans le dossier quelques éléments

iconographiques anciens : des cartes postales, des photographies du chantier de construction, retrouvées aux Archives départementales des Hauts-de-Seine, des photographies historiques très librement et très généreusement communiquées par Citroën, quelques catalogues commerciaux conservés par la Bibliothèque nationale et les quelques plans de construction détenus par Citroën-Ingénierie. L'enquête donna lieu aussi à une campagne photographique sur les bâtiments, alors en cours de démolition. Une cinquantaine de photographies argentiques a pu être réalisée en deux ou trois jours de « terrain » par Philippe Fortin, photographe attaché à la Sous-direction de l'Inventaire général à Paris. Sans parti pris d'exhaustivité, ces images en noir et blanc cherchaient à donner une vue d'ensemble des différents bâtiments de l'usine principale, mais restant à l'extérieur de ceux-ci et s'attachant plus particulièrement à documenter les bâtiments les plus visiblement prestigieux, comme le bâtiment des bureaux (A) sur le quai Michelet, ou le bâtiment K, la salle des machines, connue sur place, en raison de sa charpente métallique, comme le bâtiment « Eiffel ». Le démontage et reconstruction de cet édifice était alors envisagé.

Au-delà de cette non-problématique de « documentation » et des réflexions méthodologiques, propres à l'Inventaire, sur l'architecture des dossiers d'ensemble, les recherches sur l'usine se trouvaient influencées par des problématiques historiques dans l'air du temps, venant des réflexions, inspirées par la nouvelle démarche de l'archéologie industrielle, sur l'organisation de l'espace usinier et sur l'adéquation entre les formes bâties de l'industrie et l'organisation de la production et du travail. Elles étaient influencées en même temps par des acquis récents dans le domaine des recherches universitaires portant sur l'histoire de la construction automobile en région parisienne (James Laux, Patrick Fridenson, Sylvie Schweitzer, Yves Cohen et Olivier Cinqualbre, Alain Michel et Laure Pitti, etc.) et en région (Jean-Louis Loubet, Nicolas Hatzfeld, Jean-François Grevet, etc.).

Dans ces deux contextes, l'intérêt historique de l'usine de Levallois-Perret s'est trouvé doublement mis en relief. Avec la possible exception de l'usine Peugeot à Audincourt, celle construite par Adolphe Clément à Levallois-Perret en 1897 s'est avérée la première usine de construction automobile au monde, conçue et construite en tant que telle, « purpose-built » comme disent, de manière plus succincte, les anglo-saxons. Cette spécificité automobile se lisait notamment dans la piste qui encerclait le grand atelier de plain-pied, comprise comme une piste d'essais pour les véhicules sortant de l'atelier, et dans le quai de chargement et de déchargement qui longeait l'atelier principal sur cette piste, sans doute l'un des premiers quais surélevés en dehors du monde ferroviaire. Des contacts avec des historiens britanniques de la construction automobile, Michael Stratton et Paul Collins, ont également attiré l'attention sur l'usine Clément-Talbot à Notting Hill au nord de Londres, construite à partir de 1903. Réalisée à l'origine par une association entre Adolphe Clément et l'Earl of Shrewsbury et Talbot, cette usine, en dépit des différences dans l'architecture de ses bâtiments de bureau, s'avérait être, dans son plan, une copie en tous points conforme de l'usine de Levallois-Perret. Cette exportation vers Londres, pour ainsi dire « clés en main », d'une usine parisienne offrait une illustration frappante des thèses de James Laux sur les avancées françaises aux débuts de la révolution automobile.

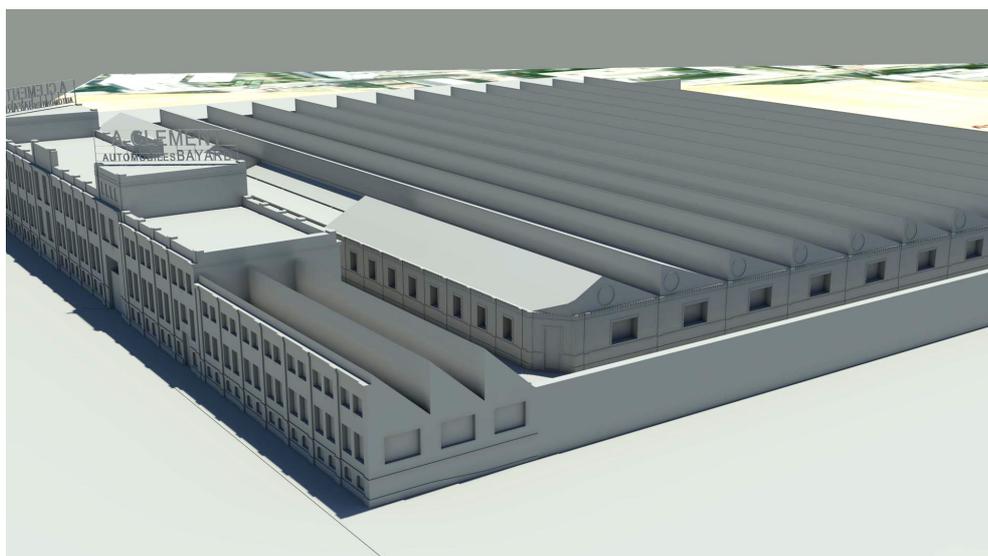
L'usine Clément-Talbot à Londres jouissait alors d'une mesure de protection, les bâtiments de bureaux sur Barlby Road et le bâtiment d'atelier derrière étant « listés » Grade II. À notre connaissance, et en dehors de nos propres fantasmes, il n'a jamais été question à l'époque d'une quelconque mesure de protection pour l'usine de Levallois-Perret, démolie très rapidement au lendemain de la sortie de la dernière 2 CV le 29 février 1988. Rappelons ici que le maire, Patrick Balkany, avait déjà des visions très arrêtées sur l'avenir en logements de prestige et en bureaux sur ce front de Seine dépendant de sa commune.

Pour ces différentes raisons, l'usine Clément-Bayard a paru présenter un cas d'étude prometteur dans le cadre du programme « Usines 3D ». L'importance historique intrinsèque de l'usine méritait d'abord qu'on la fasse « revivre » de manière virtuelle. Intervenant plus de vingt ans

après l'effacement total des vestiges physiques du site, la démarche ne se présente nullement comme un alternatif à la conservation réelle. Du point de vue de sa documentation visuelle, l'usine, sans avoir légué un fonds d'archives complet et cohérent, est relativement bien « couverte », notamment par les photographies du chantier en 1897 et par la campagne réalisée en 1988 à l'initiative de l'Inventaire général. En même temps, l'usine ne « souffre » pas de ce qu'on peut appeler la « sur-documentation » qui caractérise à certains égards les usines Renault à Billancourt ou Peugeot à Sochaux. Sans pouvoir restituer les processus de travail dans les ateliers, cette documentation visuelle permet la fabrication informatique d'un regard synthétique sur les volumes bâtis de l'ensemble à différentes époques.

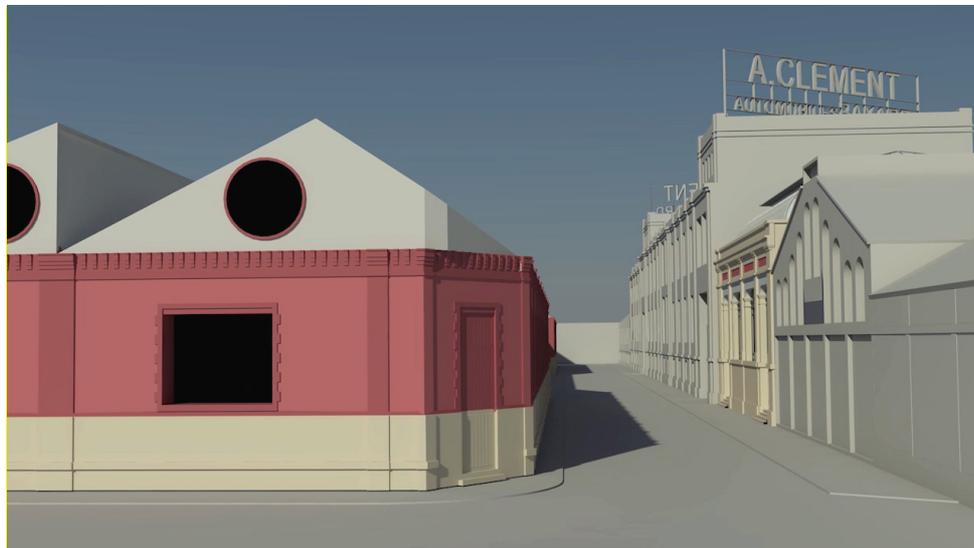
En 2010 et 2011, l'opération « Usine 3D » a permis ainsi de reprendre et de renouveler les recherches sur l'usine elle-même et d'enrichir plus généralement nos connaissances sur la carrière – passablement oubliée de nos jours – du grand industriel qu'était Adolphe Clément. Des éléments iconographiques inédits ont pu être identifiés et numérisés, notamment au Conservatoire Citroën à Aulnay-sous-Bois, aux archives municipales de Levallois-Perret, au Musée de la Voiture et du Tourisme au château de Compiègne, et dans le fonds de Louis Sabathier aux Archives nationales du monde du travail à Roubaix. Une recherche à l'Institut national de la Propriété industrielle a permis aussi d'identifier environ 120 brevets pris par l'industriel, en son nom propre ou en association avec d'autres ingénieurs et couvrant toutes ses activités dans les domaines des vélocipèdes, des automobiles, des avions, des dirigeables et des moteurs, mais touchant également aux procédés industriels de fabrication et comprenant, au lendemain de la Première Guerre, quelques machines agricoles. Enfin, des contacts très positifs ont pu être établis avec les descendants de l'industriel, notamment au Bois d'Aucourt, domaine que l'industriel s'est fait construire au début du XX^e siècle à Pierrefonds, et géré aujourd'hui comme hôtel de charme par Thierry Clément-Bayard.

La restitution virtuelle de l'usine Clément-Bayard s'est donné deux objectifs principaux. Il s'agissait d'une part de produire des vues « à vol d'oiseau » de l'ensemble de l'usine aux deux termes chronologiques de son existence, vers 1900 et en 1988. On constate ainsi l'extension des surfaces bâties et la densification progressive du site de production au cours de ces quatre-vingts années.



Vue 3D de l'ensemble de l'usine

Dans un deuxième temps, il a été décidé de restituer de manière plus détaillée l'architecture extérieure et intérieure de deux édifices, le grand atelier de plain-pied (C) et le bâtiment des machines (K).



Vue 3D du grand atelier et du bâtiment des machines (en couleur à droite)

Ce dernier, dans sa mise en œuvre très soignée et dans des détails tels que les chapiteaux corinthiens surmontant les pilastres, représentait un bâtiment de prestige, doté à l'origine d'un balcon d'où Adolphe Clément pouvait faire admirer par ses visiteurs les puissantes machines à vapeur accouplées à des dynamos.



Vues 3D du bâtiment des machines

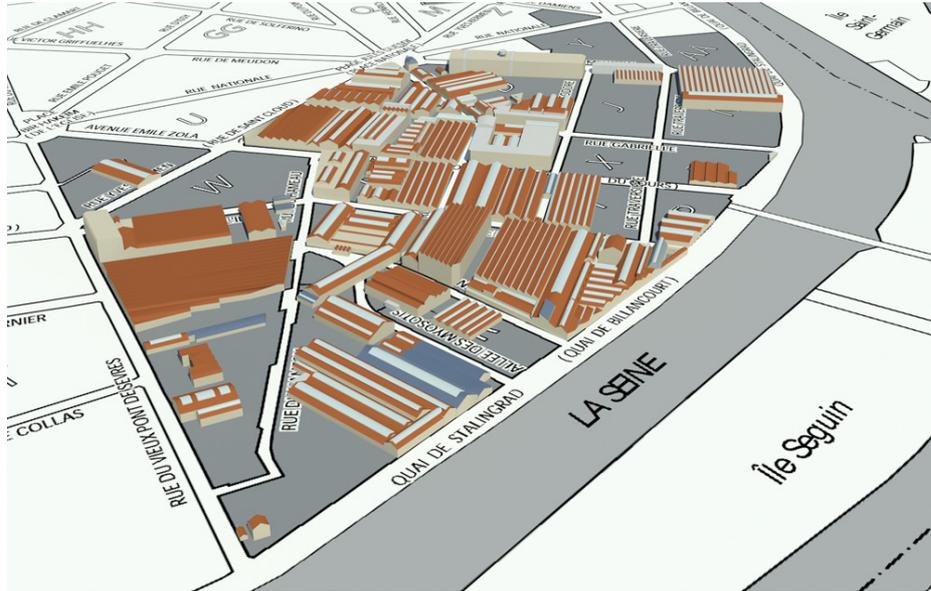
À l'instar des dossiers de l'Inventaire général du patrimoine culturel, toujours ouverts pour des compléments d'information, le chantier 3D engagé sur l'usine Clément-Bayard peut être repris et approfondi dans l'avenir. Il serait intéressant, par exemple, de réaliser un parcours filmique dans la reconstitution réalisée. Poursuivant l'ambition de rendre compte des qualités architecturales de l'ensemble, il serait également souhaitable d'effectuer un travail sur les textures des matériaux employés, brique, pierre, fer et verre. À des fins de comparaison, il serait également intéressant d'engager un chantier sur l'usine « sœur » de celle de Levallois, l'usine Clément-Talbot à Londres. Mais, telle qu'elle est actuellement réalisée et archivée, la reconstitution en 3D

de l'usine de Levallois-Perret, associée à la base de données informatique qui en est la matière première, offre de nouvelles perspectives de compréhension de cette première usine de construction automobile au monde, et de nouvelles possibilités de partage de cette compréhension.

L'atelier C5 de l'usine Renault de Billancourt : les prémices du travail à la chaîne.

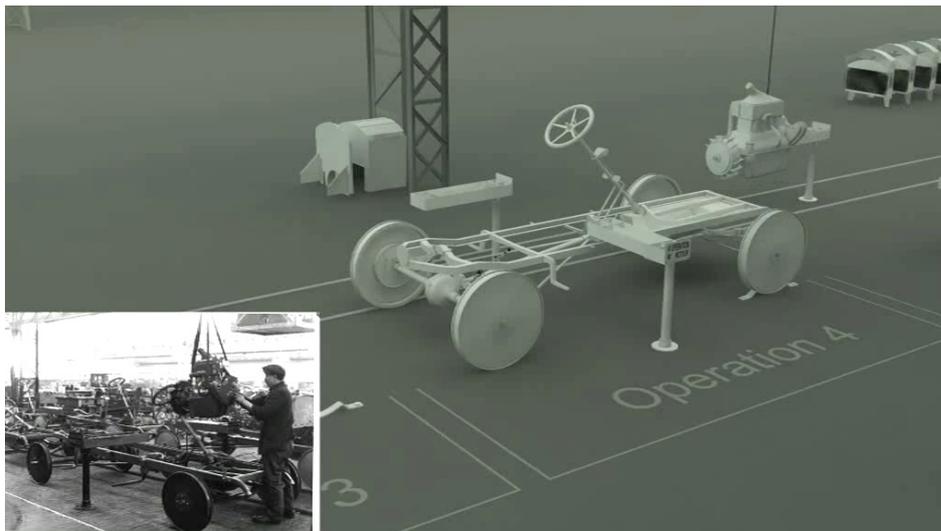
Cette recherche s'appuie sur une étude historique du site originel du constructeur Renault, plus précisément sur la question des chaînes de production et sur la mise en place de ses premières chaînes manuelles d'assemblage des châssis dans les usines Renault de Billancourt (Alain Michel, 2007). Nous avons rassemblé, autour d'un lieu – la chaîne d'assemblage des châssis automobile 10CV de l'atelier C5 – et d'un moment – sa mise en place en 1922, un corpus documentaire issu d'archives éparses et de sources variées. Elle a utilisé principalement quatre types remarquables de sources visuelles : des plans d'implantation, des illustrations de presse, des photographies et des films. Pendant l'entre-deux-guerres, Renault a réalisé 70 000 photographies, de nombreux films (dont 240 minutes de scènes industrielles) et 45 000 plans d'implantation. Ces documents visuels sont souvent inédits, mal connus ou dispersés. Par rapport aux textes ils proposent une vision différente des transformations concrètes de l'organisation du travail. Lorsqu'on les analyse avec minutie et qu'on les traite méthodiquement, ces sources montrent des détails des chaînes, permettent de les localiser, de les dater, d'en comprendre l'agencement et de les replacer dans leur cadre de production. Ces informations n'existent dans aucun texte subsistant et une importante partie n'a probablement jamais été formalisée par écrit. Dans ce domaine (et du fait de la disparition des bâtiments de Billancourt), les images sont les seules sources d'informations disponibles. Mais elles sont sinon « muettes », du moins souvent difficiles à interpréter. Les sources visuelles distinguent difficilement la masse, visible et silencieuse, des gens qui travaillent sur les chaînes et un groupe d'autres personnes, plus discret, qui œuvre à l'organiser en échangeant des notes, des projets, des plans, des ordres et contre-ordres. Il faut donc trouver un biais pour les faire parler.

Ces documents « multimédias » ont été regroupés dans un même dossier documentaire afin d'être valorisés et exploités par le biais d'une analyse historique critique et d'une informatisation des données, ces deux dimensions du programme de recherche étant menées conjointement. Les croisements entre ces regards sur l'atelier montrent à la fois leur complémentarité et font apparaître quelques contradictions. Ils permettent d'observer l'évolution des pratiques concrètes et de la représentation du travail à la chaîne dans les usines de Renault à Billancourt.



Vue 3D de l'implantation de l'usine Renault de Billancourt en 1924

De ce fait, l'analyse « manuelle » des images ne permet pas d'interpréter la complexité des situations, les variations d'échelles et les changements de points de vue offerts pas les images d'archives. Seul l'outil numérique, par sa puissance de calcul, donne les moyens de lever ces imprécisions et de les interpréter. Il devient ainsi possible de combiner une multitude de données disparates, par exemple en positionnant chaque cliché et en identifiant l'emplacement de chaque « opération » du travail à la chaîne qui d'accomplissait dans l'atelier C5 en 1922. La « réalité » virtuelle invente de nouvelles sources pour combler les manques des archives, la fragilité de l'héritage monumental, l'anémie du patrimoine immatériel : c'est le gain d'intelligibilité apporté par le modèle 3D.



Vue 3D de l'opération 4 (atelier C5) en cours de modélisation avec la photo correspondante

Cette approche donne la mesure des différences radicales entre le travail à la chaîne manuel mis en place à la fin de la Première Guerre mondiale chez Renault et celui qu'imagine Charlie Chaplin en 1934-1936 dans l'Amérique des *Temps modernes*. Dans cette période de mise en place d'une nouvelle organisation du travail à Billancourt, les concepteurs et les travailleurs eux-

mêmes n'avaient pas une idée arrêtée de la façon dont ils effectuaient un travail d'assemblage en perpétuel réaménagement. Les images ne peuvent présenter simplement un processus complexe et non stabilisé. L'appréhension du corps au travail s'effectue ainsi au travers d'une triple médiation visuelle, visible et virtuelle.



Vue 3D de la reconstitution de l'opération 4 (atelier C5) avec son avatar

Les résultats de ces quatre chantiers illustrent la façon dont « le numérique » sert la recherche en histoire des techniques afin d'informer le passé d'un travail industriel relativement mal connu.

La « réalité » numérique est un instrument d'investigation mis au service d'un questionnement systématique des représentations visuelles. Le programme *Usines 3D* réalise cet outil interactif de recherche dont on peut extraire un support de visualisation permettant de mesurer l'impact d'une implantation industrielle comme de documenter l'histoire du travail qui s'accomplissait dans un atelier particulier à une période donnée. C'est une plateforme d'expérimentation qui offre la possibilité de saisir ensemble les différentes échelles du lieu, les multiples temporalités du moment, la banale complexité des pratiques laborieuses.

Le modèle 3D n'est pas une finalité en soit, mais un remarquable outil d'investigation qui, pour être l'instrument de recherche pertinent s'appuie sur une approche archéologique des vestiges, une étude micro-historique des traces subsistantes, une méthode d'analyse critique des documents visuels et des textes. Car au-delà des sources écrites privilégiées par la plupart des historiens, le programme *Usines 3D* a cherché à tirer le maximum d'informations des images afin d'offrir un nouvel éclairage, d'acquérir de nouvelles informations et de rendre plus intelligible les routines discrètes de ceux qui ne laissent que peu de textes, les dynamiques d'ensemble de procédés industriels en perpétuelle transformation et la mesure de l'impact des infrastructures techno-industrielles sur leur tissu environnant.

4. Appréciation du degré de réalisation des objectifs initiaux, des obstacles rencontrés, des travaux qui restent à conduire

Le fait d'avoir obtenu de l'ANR, 60% du budget initialement sollicité nous a incité à réduire le nombre de maquettes de 6 prévues initialement, à 4 effectivement réalisées sur le quadriennal. Lors d'une réunion de lancement des chantiers, le professeur Kazuo Wada (université de Tokyo) a estimé que finalement, l'étude approfondie d'un atelier Toyota lui paraissait peu réalisable à cause des difficultés d'accès aux archives du constructeur japonais. Nous avons décidé de ne

pas programmer ce chantier et de le remplacer par celui de l'usine Peugeot de Sochaux avec Nicolas Hatzfeld et Jean-Louis Loubet de l'université d'Evry.

Le principal obstacle rencontré pour la réalisation des chantiers a effectivement été celui de l'accès aux archives. Ainsi, nous avons subi les premières années un blocage du chantier Peugeot à cause de la fermeture des archives jusqu'à l'ouverture du nouveau centre d'archives de Terre Blanche en septembre 2010. Nous avons été conduits à inverser l'ordre du traitement des dossiers. Ainsi, le chantier Clément-Bayard/Citroën-Levallois a été avancé en 2010 au lieu d'être conduit en 2011. Le chantier Peugeot-Sochaux a abouti en janvier 2012.

Au final, ces quatre chantiers nous ont permis de développer une gamme de produits numériques complémentaires applicables à d'autres études en histoire des techniques contemporaines ou ailleurs. Mais notre compétence collective porte surtout sur trois domaines d'expertise. D'abord la constitution du dossier documentaire, son traitement numérique et son analyse historique. Ensuite la constitution des bases de données pérennes, interopérables et mobilisables pour justifier en temps réel l'interprétation historique contenue dans les versions du modèle numérique qui en découle. Enfin, nous avons développé une aptitude particulière en termes de restitution des bâtiments et des installations, de leur recontextualisation et de leur repositionnement paysager, de la simulation de leur évolution chronologique.

Notre équipe a également été en mesure de proposer des solutions en termes de simulation mécaniques et gestuelles, mais dans ces domaines, il apparaît qu'il nous faudra faire appel à d'autres compétences que celles que nous avons développées dans le cadre des SHS. Il est nécessaire de passer d'un travail d'équipe pluridisciplinaire à une action transdisciplinaire. Ainsi, pour les simulations en cybernétique, il paraît essentiel de solliciter les Sciences de l'ingénieur (SIG) et des Technologies de l'information et de la communication (TIC). Leurs outils et méthodes pourraient être transposés pour aider à capitaliser nos connaissances industrielles à vocation historiques et patrimoniales.

Pour cela, il faudra travailler avec d'autres centres de recherche qui développent des chantiers de modélisation comparables aux nôtres en mettant les moyens des sciences dures au service de projets historiques et patrimoniaux. Par exemple, l'équipe IS3P de l'Institut de recherche en Communications et Cybernétique de Nantes (en lien avec le Centre François Viète) ou le laboratoire Récit de l'Université Technologique de Belfort-Montbéliard. Les travaux de recherche menés par ces laboratoires ont permis d'acquérir une expérience avancée dans le domaine du virtuel pour le patrimoine, depuis la numérisation de l'objet et la capitalisation des connaissances, en passant par la modélisation numérique de l'objet physique et de sa dynamique, jusqu'à sa vulgarisation dans un cadre muséal, d'expertise et d'archivage. L'enjeu de ces nouveaux partenariats résiderait dans la complémentarité des liens, c'est-à-dire une interopérabilité de toutes les étapes de la recherche afin d'éviter la perte d'informations. Il conviendrait donc de créer un réseau national qui pourrait prendre la forme d'un consortium labélisé en histoire des techniques dans le cadre de l'IR Corpus. Il pourra accompagner les apprentissages et susciter des synergies pour la constitution et le développement de l'usage des sources numériques par les chercheurs en histoire des techno-sciences. Au-delà de cette dimension nationale, des contacts avec des partenaires européens et internationaux sont déjà engagés (interventions à Cambridge, Luxembourg, Bruxelles, Berlin, communications devant la Society for the history of technology (SHOT) à Atlanta, Washington et Lisbonne, etc.).

5. Perspectives ouvertes par les résultats

Dans le cadre du programme de recherche Usines 3D, nous avons noué des liens avec trois types de partenaires. D'abord l'université d'Evry Val d'Essonne qui a soutenu une partie importante du programme (équipements informatiques, colloque Pierre Bézier, film de synthèse, etc.) en le cofinçant par le biais d'actions de valorisation de la recherche.

En second lieu, le musée du Chatillonnais en Bourgogne a été intéressé par le chantier de reconstitution du haut fourneau de Marcenay situé à proximité. Ce chantier a abouti à la réalisation d'un petit film documentaire qui sert de prototype pour les futures bornes vidéo de la salle sidérurgique du Musée. Enfin, les entreprises automobiles (Peugeot-Citroën et Renault) nous ont non seulement ouvert leurs archives, mais ont aussi sollicité un partenariat afin de pouvoir utiliser la modélisation historique de leur usine contre le financement d'une partie de son développement. Ainsi, le chantier sur l'atelier C5 de Renault-Billancourt a débouché en février 2010 sur une convention avec l'entreprise Renault propriétaire de la plupart des archives utilisées. Ce financement complémentaire nous a permis de modéliser les postes de travail de l'ensemble de l'atelier (stockages et autres installations à l'arrière-plan de la chaîne) ainsi que la restitution virtuelle d'une partie des gestes ouvriers. Elle a conduit à la réalisation d'un petit film documentaire de 6 mn présentant la démarche de recherche et montrant la reconstitution en 3D du travail de 5 avatars ouvriers sur les 4 premiers postes de la chaîne de 1922. Ce film a été le sujet d'un petit documentaire du Magazine « We're », la chaîne de télévision interne de Renault (Renault TV). Surtout, l'introduction des « pantins » (ce ne sont pas les « avatars » de l'industrie cinématographique) nous a permis de pousser plus en avant l'analyse historique des gestes des ouvriers sur la chaîne des années 1920. Nous avons également noué des liens forts avec le service des archives de Peugeot dans le cadre de la célébration des 200 ans de l'entreprise (1810) et des 100 ans de l'usine de Sochaux (1912). Le nouveau centre d'archives de Terre Blanche à Hérimoncourt a été inauguré le 25 septembre 2010.

6. Appréciation de l'impact (scientifique, social, culturel, économique...)

Les résultats de ces quatre chantiers illustrent la façon dont « le numérique » sert la recherche en histoire des techniques afin d'informer le passé d'un travail industriel relativement mal connu. La reconstitution 3D est un moyen efficace d'éclaircissement, capable de confronter des sources dispersées, de faire le lien entre des données partielles, de mettre en parallèle l'étude macro et micro d'un site industriel et de faire apparaître ses logiques à la fois ponctuelles et immédiates ou d'ensemble et sur la longue durée. C'est un instrument inédit dans la compréhension des logiques industrielles et organisationnelles du passé et plus généralement un moyen de re-questionner des documents d'archives et de réinventer des sources historiques.

La reconstitution 3D est aussi un outil pédagogique. Notre recherche fondamentale a la capacité de répondre à la demande croissante d'institutions publiques, d'associations et d'entreprises intéressées par l'utilisation de ces technologies pour appréhender leur histoire. Elle offre des réponses aux questionnements des institutions territoriales à propos de l'intérêt de la conservation et de la valorisation du patrimoine industriel dont elles disposent. En particulier, le domaine de la muséographie numérique est en plein développement depuis plusieurs années. L'évolution actuelle s'oriente vers l'enrichissement des moyens d'accès à l'histoire des techniques par une mise en situation virtuelle du visiteur. Dès lors, les outils des Humanités digitales et des Sciences pour l'ingénieur peuvent être réorientés à des fins de « reconception » muséologiques de machines, d'installations ou d'activités industrielles. Les collaborations déjà engagées par le programme U3D en témoignent.

7. Constitution de corpus et base de données : modalités de création, d'accès et les conditions de pérennisation

Contexte documentaire du programme

Les documents nécessaires à la réalisation du programme U3D sont d'une grande hétérogénéité tant sur le plan des types de documents (cartes, plans, photographies, illustrations, gravures, etc.) que de celui des formats (tailles) ou encore celui des éléments de contextualisation des données (localisations, dates). De plus, les archives les contenant ont la

particularité d'être distribuées dans plusieurs lieux. Conservés dans les services d'archives des entreprises partenaires, mais aussi dans les lieux plus traditionnels de la conservation des archives (Archives Nationales, etc.).

La constitution des corpus documentaires a suivi une règle simple : celle de constituer la somme des connaissances disponibles pour un même chantier. Plusieurs documentalistes ont travaillé à cette tâche au cours du programme afin de repérer, trouver, numériser et d'indexer les documents.

Chaîne de traitement de l'information

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 qui permet d'inter-connecter des données entre elles dans le but de constituer des réservoirs informations.

Pour la première ambition, centrale dans le temps du programme, il a été décidé de mettre en place une chaîne de traitement et un entrepôt de données utilisant des formats d'encodage libre, largement documentés et normalisés :

- Pour le format des documents iconographiques : JPEG et/ou TIF ;
- Pour le format des textes : XML/TEI Lite par conversion depuis les suites logicielles Open Office ou Libre Office ;
- Pour le format des inventaires de documents : EAD/XML¹

L'entrepôt de document, archive centrale du projet, devait être donc capable d'importer des données en EAD/XML, largement utilisé dans le monde des archives numériques, et offrir des passerelles interopérables vers les autres outils nécessaires à la réalisation du programme : en particulier l'outil ArchéoGRID, géré par ArchéoVision et utilisé par l'équipe des modéleur 3D.

L'outil AOMS² (pour « Archive numérique d'Objets et de Matériaux iconographiques Scientifiques ») développé par le Centre national pour la numérisation de sources visuelles du CNRS³ et fonctionnant à l'aide du logiciel Pleade, permettait d'être à la fois l'outil de stockage, l'outil de publication des corpus documentaires et l'outil d'interopérabilité vers les autres briques du programme.

Le protocole d'interopérabilité a été choisi en 2008 : il s'agit du protocole OAI-PMH (*Open Archives Initiative's Protocol for Metadata Harvesting*) développé pour les archives ouvertes en 1999 et massivement utilisé et apprécié dans le monde de la recherche. AOMS permet de publier sur le web les corpus documentaires encodés en EAD/XML et de signaler selon le protocole OAI-PMH les métadonnées des documents dans leur version Dublin Core.

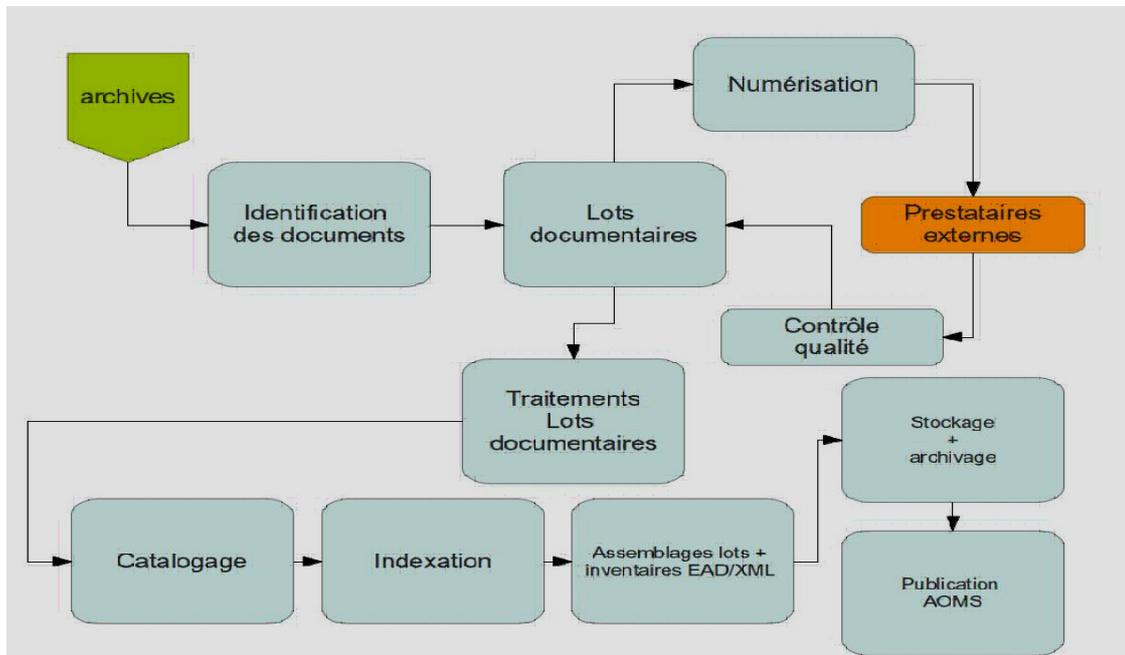
Dans ce cadre, l'outil ArchéoGRID ou tout autre outil capable de moissonner de l'OAI-PMH peut venir « lire » les corpus documentaires.

¹ Voir <http://www.loc.gov/ead> [d.c. 2012/02/01].

² Voir <http://www.arch.cn2sv.cnrs.fr/aoms/> [d.c. 2012/02/01].

³ Voir <http://www.cn2sv.cnrs.fr> [d.c. 2012/01/23].

La chaîne de traitement des documents peut être schématisée de la façon suivante :



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, le site web réalisé dans le cadre du programme 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 grandes étapes sont nécessaires pour réaliser un chantier :

1. L'identification des documents est réalisée en relation avec les chercheurs, elle constitue une étape majeure, car elle va déterminer les étapes suivantes ainsi que les aspects juridiques. Cette identification permet aussi de spécifier les unités documentaires de base : reportages, collections, sous-fonds, classeurs, boîtes, etc.

2. 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 et elle est

fondamentale.

3. 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 toute 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.

4. 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 le 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 formats de codage ouverts et documentés, d'outils non-propriétaires et l'adossement à des équipes CNRS reconnues assure une pérennité d'accès aux données.

Normes et méthodes pour la dissémination et l'archivage des données

Utilisation de l'EAD

L'*Encoded Archival Description* (Description archivistique encodée) est un standard d'encodage⁴ des instruments de recherche archivistiques basé sur le langage XML. Il s'agit d'une DTD (Définition de type de document). L'EAD est la propriété de la *Society of American Archivists*, maintenue par la *Library of Congress* qui s'est engagée en janvier 1996 à en assurer la maintenance informatique et à diffuser l'information sur la DTD. L'objectif du projet était de créer un standard d'encodage des descriptions de documents d'archives, selon certains critères :

- 1) La capacité à présenter et à mettre en corrélation les informations descriptives trouvées dans les instruments de recherche archivistiques ;
- 2) La capacité à préserver les relations hiérarchiques existantes entre les niveaux de description ;
- 3) la capacité à représenter les informations descriptives qui sont héritées d'un niveau hiérarchique supérieur ;
- 4) La capacité à se déplacer dans une structure informationnelle hiérarchique ;
- 5) Permettre une indexation et une extraction de l'information spécifiques au niveau des éléments de la DTD ;

L'EAD dans le cadre du projet U3D

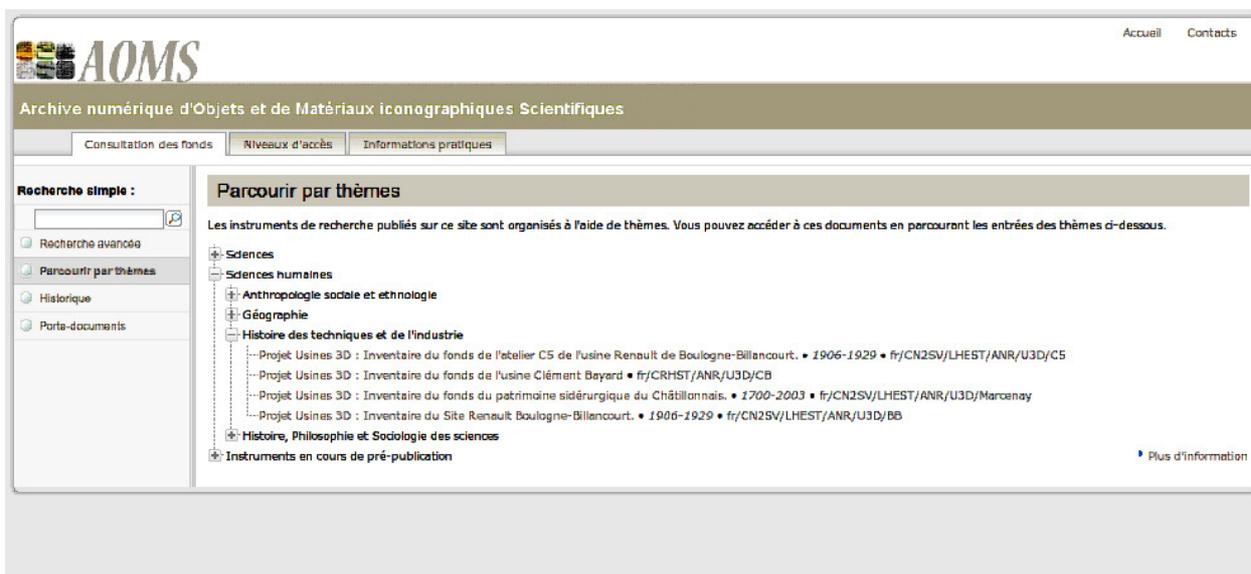
Le projet Usines 3D est largement constitué de corpus documentaires faisant appel à des fonds d'archives. L'EAD permet de conserver cette structure particulière tout en garantissant l'interopérabilité des données. En effet, la norme EAD s'appuie sur une syntaxe XML parfaitement compatible avec la norme internationale de description archivistique ISAD (G). Elle permet donc d'effectuer une description hiérarchisée en maintenant l'articulation entre les composants et sous-composants. L'EAD permet de créer des instruments de recherche archivistique (IR) normalisés et inter-opérables entre eux à l'aide de l'universalité du XML. Les inventaires peuvent être ainsi moissonnés et être intégrés à d'autres portails ou catalogues.

⁴ EAD Official Site, Library of Congress. Development of the Encoded Archival Description DTD. EAD Official Site, Library of Congress [en ligne]. 2006. Disponible sur : <http://www.locweb.loc.gov/eadddev.html> [d.c. 2012/02/01].

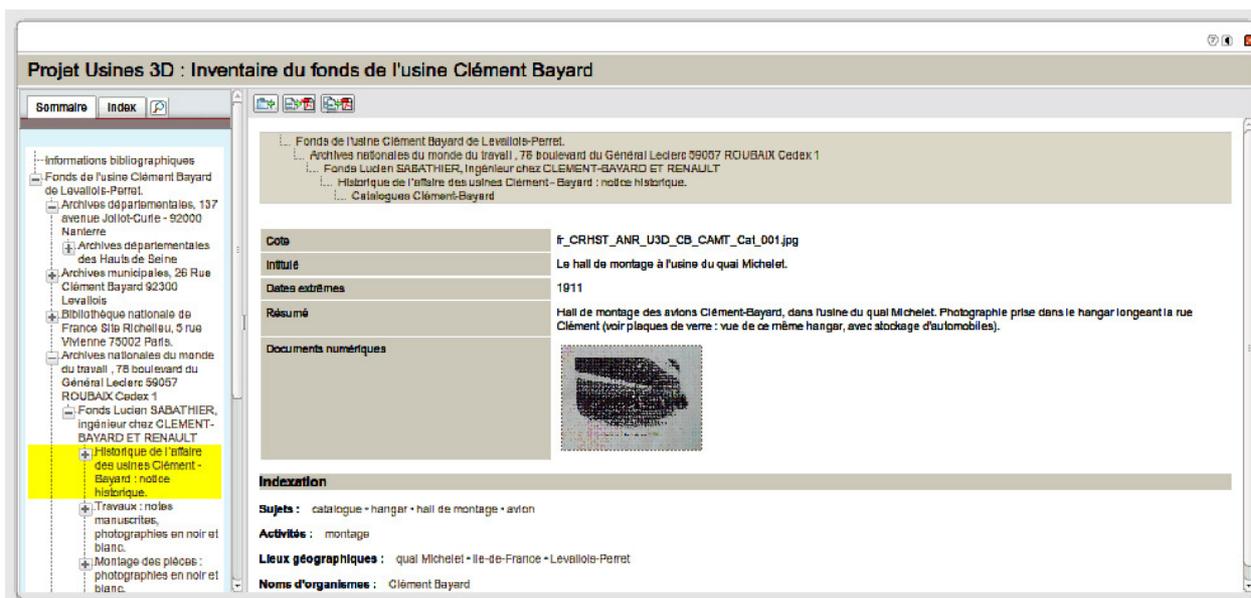
Ainsi, les instruments de recherche mis en place dans le cadre du projet sont moissonnés et disponibles dans la plate-forme de recherche ISIDORE.

Accès aux données

Les données utilisées dans le cadre des chantiers du programme U3D sont toutes accessibles depuis la plate-forme AOMS (<http://www.arch.cn2sv.cnrs.fr/aoms> ou <http://www.usines3d.fr>). Par ailleurs, AOMS est compatible avec ISIDORE, le moteur de recherche SHS lancé par le TGE Adonis en 2012, ainsi, l'ensemble des données est aussi accessible depuis ISIDORE :



Interface AOMS de navigation dans les corpus U3D.



Notice documentée (dont indexation) dans l'interface AOMS

Indexation des pièces archivistiques

La navigation dans un inventaire archivistique se fait principalement selon un accès par provenance. L'utilisateur doit d'abord explorer l'ensemble d'un inventaire décrivant un fond, pour accéder aux ressources qui l'intéresse. L'avantage d'un instrument de recherche EAD/XML est qu'il permet un accès par sujet selon les niveaux de description.

L'EAD propose un large choix de catégories de descripteurs pour l'indexation :

```
<corpname> collectivité  
<famname> nom de famille  
<function> activité  
<genreform> genre et caractéristiques physiques  
<geogname> nom géographique  
<name> nom  
<occupation> fonction  
<persname> nom de personne physique  
<subject> mot-matière  
<title> titre
```

Chaque niveau de l'instrument peut être indexé et permet ainsi une certaine granularité : une indexation générale pour les niveaux supérieurs et une indexation de plus en plus fine en descendant dans la hiérarchie jusqu'au niveau de la pièce. Outre une indexation selon les différents niveaux, grâce à sa structure hiérarchique chaque descripteur utilisé qualifiera automatiquement tous les sous-ensembles qui lui sont rattachés.

Reconstitution et modèles 3D

La caractéristique commune à tous les projets menés est qu'ils sont dirigés par les chercheurs et non pas en fonction des possibilités technologiques de la « 3D ». Chaque projet s'organise donc en premier lieu autour des objectifs scientifiques. La scène 3D sert de support à la réflexion et à la confrontation scientifique. Restituer des édifices disparus est en fait une opération de recherche normale. Les scènes 3D ne prouvent rien mais elles dynamisent la recherche en archéologie. Elles permettent de tester la pertinence des hypothèses. Elles permettent aussi d'évacuer les fausses hypothèses. La scène 3D tend vers une synthèse visuelle maîtrisée de l'état le plus avancé du travail de restitution. Elles facilitent aussi une valorisation maîtrisée de la recherche par des produits multimédias issus directement des données scientifiques que sont les scènes 3D

Mise en place d'un modèle initial – niveau V1

Avant d'initier un projet de restitution, il est nécessaire de définir clairement les objectifs scientifiques liés au travail de restitution (secteur concerné, fourchette chronologique) au-delà du simple fait d'élaborer des images de synthèse.

L'élaboration d'un modèle numérique 3D requiert des compétences spécifiques de plusieurs natures. Si des compétences en modélisation 3D et en infographie sont incontournables, des connaissances archéologiques et historiques sur le site étudié sont également fondamentales ainsi que la maîtrise topographique des vestiges encore en place. Des compétences ponctuelles, en fonction des aspects abordés, telles que celles d'ingénieurs, d'acousticiens sont également nécessaires. Le travail de restitution d'un site est devenu un travail d'équipe et ne peut plus être le fait d'un seul individu. La difficulté de mise en œuvre de tels projets pluridisciplinaires réside dans la possibilité de faire dialoguer tous les spécialistes entre eux d'une part et d'arriver à engranger les avancées significatives au titre de la validation des restitutions des espaces antiques. C'est précisément ici que le modèle numérique 3D revêt toute son importance. Tant qu'un modèle 3D n'est pas visualisable, le dialogue entre spécialistes est

délicat, chacun des scientifiques ayant sa propre vision des volumes. Dès qu'une première ébauche tridimensionnelle est réalisée, alors il devient possible à deux chercheurs de champs disciplinaires distincts de dialoguer entre eux avec précision sur les "volumes" disparus. L'argumentation peut se mettre en place de façon précise. Chaque spécialiste utilise ses connaissances propres face aux détails de la restitution 3D visualisable par tous. La toute première étape incontournable des projets scientifiques de restitution 3D est donc l'élaboration de cette première ébauche 3D du site étudié tenant compte des éventuelles hypothèses antérieures si elles existent. Ce niveau de version est appelé V1.

Mise en place de la nomenclature 3D.

Pour arriver à mettre en synergie l'ensemble de la documentation archéologique et historique associée au modèle 3D, il est indispensable de posséder un système de repérage 3D qui s'effectue par la mise en place d'une nomenclature. Elle compose un vocabulaire commun décrivant la hiérarchie « volumique » du site archéologique étudié. L'objectif de cette sorte de thésaurus 3D permet de lier un élément quelconque du modèle numérique 3D avec tous les documents associés. La nomenclature est construite après avoir étudié les systèmes de repérages éventuellement utilisés par les archéologues sur le site archéologique concerné. S'il existe, en général il correspond à une identification dans le plan, mais rarement en volume il faut alors le compléter. S'il n'existe pas, il faut le créer. Cette étape ne peut se faire qu'avec la participation des archéologues spécialistes du site.

Pour tous les projets, un tel travail est incontournable. La nomenclature 3D constitue l'arête dorsale du projet après sa validation par les membres de l'équipe. Elle permet de "nommer" les parties 3D et de leur affecter en tant qu'attribut tous les documents qui les concernent.

Organisation de la documentation nécessaire au travail de restitution 3D

Parallèlement à cette première réalisation, il faut rassembler la base documentaire des sources nécessaires à l'opération de restitution 3D. Elles sont classées pour chaque site étudié suivant les catégories suivantes :

- Relevés anciens et récents (plans, coupes, nuages de points, courbes de niveau, etc.),
- Vues photographiques in situ (depuis l'origine de la photographie à nos jours),
- Sources iconographiques (représentations graphiques, de toutes époques),
- Vestiges épars,
- Hypothèses antérieures de restitution (maquettes physiques, dessins, modèles numériques),
- Textes (données textuelles fournissant des informations sur les volumes disparus),
- Documents complémentaires (parallèles documentaires issus d'autres édifices).

Dans le cadre de la PFT3D nous avons mis au point une interface spécifique de manipulation de ces données, sorte de table lumineuse virtuelle (tabloïde) accessible aux chercheurs par le réseau informatique. La partie "factuelle" de ces données est donc mise en commun. Chaque chercheur peut y adjoindre ses propres informations et des commentaires s'il le souhaite. Le tabloïde utilise également une structure particulière d'"unicos" et d"unitextes". Ce sont des fragments d'image ou de texte issus d'un document autorisant une manipulation sémantique des contenus 3D.

Mise en place de séminaires

Pour chaque projet de restitution 3D, la mise en place de séminaires en visioconférence est organisée autour d'ordres du jour précis et liés à la restitution des édifices. Les personnes présentes lors de ces séminaires disposent donc d'une "scène 3D" manipulable en temps réel permettant de visualiser collectivement n'importe quels secteurs et détail 3D du site en cours

d'étude. Les personnes présentes ont également accès pendant le séminaire à l'ensemble des sources liées au projet de recherche. Sont invités ponctuellement à se joindre à une séance de séminaire, les chercheurs ou spécialistes ayant des compétences particulières en rapport à l'ordre du jour.

Du modèle V1 au modèle V3

Chaque séminaire a pour conséquence de faire évoluer la connaissance et les hypothèses de restitution 3D. Après chaque séminaire, il est donc nécessaire d'actualiser le modèle numérique 3D. Les différentes versions sont qualifiées de second niveau (versions $V2_x$). Les séminaires se tiennent autant de fois que nécessaire faisant évoluer les modèles d'une version $V2_x$ en une version $V2_{(x+1)}$. Lors de ces séminaires. Il arrive aussi d'identifier de nouveaux documents qui sont alors ajoutés dans la base documentaire qui s'accroît régulièrement en quantité et en qualité. Enfin, les liens entre le modèle numérique 3D et les sources documentaires reposent sur la nomenclature 3D. L'ensemble du travail, fait selon la méthode indiquée amène progressivement à la construction d'un modèle numérique en version V3. Version dont les membres du séminaire s'accordent à dire qu'elle est conforme aux hypothèses scientifiques actuelles. Les modèles en version V3 sont destinés aussi à évoluer en fonction de nouvelles avancées de la recherche. Cependant, ils sont d'un niveau suffisamment avancé pour servir de support à la communication scientifique ainsi qu'à la communication vers le public au titre de la valorisation des programmes de recherche.

8. Exploitation et dissémination des résultats

Le programme *Usines 3D* a directement donné lieu à 23 publications, à savoir 4 articles dont deux articles dans des revues internationales à comité de lecture et à 19 ouvrages et chapitres d'ouvrage. Les membres associés au programme ont été sollicités pour intervenir dans de nombreux colloques nationaux et internationaux, dont sept avec publication des actes. Par ailleurs, plusieurs événements ont été directement organisés par les partenaires du projet. Toutes ces productions et manifestations ont été l'occasion de présenter les résultats du programme et de proposer des captures d'images des modèles ainsi que 4 vidéos des maquettes de Billancourt-C5, de Marcenay en Bourgogne, de Peugeot à Sochaux et de Clément-Bayard/Citroën à Levallois-Perret.

Une journée bilan du programme U3D a été organisée le 3 février 2012. Elle a été clôturée par la présentation d'un documentaire scientifique sur le programme et ses résultats (*Les perspectives de l'usine*, 33 mn, réalisé par Olivier Rignault et Alain Michel et produit par le LHEST avec le soutien de l'université d'Evry) et par l'inauguration du site internet *Usines 3D* (www.usines3d.fr).

Le documentaire scientifique réalisé rend compte du programme de recherche « Usines 3D » : l'élaboration de « corpus » documentaires complexes (textes, images, etc.), aussi cohérents et exhaustifs que possible ; l'interprétation de ces documents par leur traitement informatique ; l'analyse historique enrichie par la reconstitution en réalité virtuelle des usines et ateliers. Il présente les étapes et les résultats de la modélisation de quatre « chantiers », correspondant à quatre sites représentatifs de l'industrie sidérurgique et automobile. Il met en scène l'organisation du travail pluridisciplinaire grâce auquel les moyens des Technologies de l'information et de la communication (TIC) qui sont mis au service de la recherche historique. Il montre en quoi le modèle 3D n'est pas l'objectif, mais l'outil d'interprétation (la plateforme d'expérimentation) de la recherche historique.

Le site internet a pour ambition de faire connaître le projet, ses résultats de recherche, et de mettre à disposition du public et des professionnels des outils et des ressources documentaires

précieux. La plus grande difficulté lors de l'élaboration du site a été de fabriquer à la fois un outil de recherche et une vitrine « tout public » ; en effet, loin d'être seulement une exigence de l'ANR, ce site a vocation – nous l'espérons, à toucher le plus grand nombre.

Ainsi, il fallait que les informations fournies soient intelligibles à la fois par les chercheurs de notre domaine, les ingénieurs 3D, le grand public (y compris des personnes n'ayant jamais entendu parler du projet), et nos partenaires industriels.

Le site retrace donc la démarche scientifique des équipes, reprenant les méthodes de travail, lesquelles se sont formalisées au fur et à mesure de l'avancée du projet, afin qu'elles profitent à ceux qui voudraient se lancer dans un travail semblable. Il décrit également les outils utilisés pour traiter la variété et le grand nombre de documents réunis, et fait état des archives visitées, facilitant ainsi la tâche aux chercheurs qui chercheraient ce même genre d'informations. Enfin, il met en avant les archives des constructeurs partenaires, documents exceptionnels, qui pourront satisfaire tout curieux de l'histoire industrielle française, ou automobile. Chacun aura également le loisir de contempler le résultat de ces 4 années de travail : des vidéos ont été réalisées afin de montrer les modèles 3D obtenus. Ce site est donc à la fois une vitrine du travail accompli, et un instrument de valorisation des résultats obtenus.

Ce site internet a ainsi une double vocation : à la fois plateforme collaborative de recherche et instrument de valorisation des corpus documentaires obtenus par la dissémination large des principaux résultats. Il facilite le travail des équipes de chercheurs, permettant l'échange des savoir-faire acquis par les partenaires, offrant un espace d'expression de la fédération des institutions du réseau et servant de base pour la valorisation des analyses scientifiques auprès du grand public. Le site donne effectivement à voir des versions allégées des maquettes réalisées et des corpus documentaires. À partir des modèles numériques 3D il est possible de proposer des animations en images de synthèse sous forme de films. L'ensemble répond ainsi aux exigences de la vulgarisation des résultats de la recherche et aux principes de la diffusion à la fois pédagogique et ludique.

Avec ces produits multimédias originaux, le programme diffuse donc ses principaux résultats à la fois pour la communauté scientifique et auprès du grand public.

C. Publications, diffusion et valorisation

C.1 - Liste des publications et communications

Articles dans des revues internationales ou nationales avec comité de lecture répertoriées dans les bases de données internationales

1. NIGWAL (groupe de recherche avec Nicolas Hatzfeld, Gwenaële Rot et Alain P. Michel), « L'ouvrier en personne, une irruption dans le cinéma documentaire (1961-1974) », *Le Mouvement Social*, janvier-mars 2009, pp. 67-78.
2. MICHEL Alain P., « On the Cover. An Image *mise en abyme* », *Technology & Culture*, October 2008, pp. 967-973.

Articles dans des revues avec comité de lecture non répertoriées dans des bases de données internationales

1. MICHEL Alain P., « La reconstitution virtuelle d'un atelier de Renault-Billancourt : sources, méthodologie et perspectives », *Documents pour l'histoire des techniques*, n° 18, 2° semestre 2009, pp. 23-36.
2. MICHEL Alain P., « Les images comme sources d'une histoire pratique du travail à la chaîne », *Histoire et Sociétés. Revue d'histoire sociale*, n° 23, septembre 2007, pp. 76-89.

Communications avec actes dans un congrès international ou national

Communications dans des colloques internationaux avec actes

1. BENOIT Serge, KILOUCHI Shadia, POUYLLAU Stéphane, MICHEL Alain P., "Usines 3D. La simulation pour questionner les sources et les vestiges de l'histoire industrielle", *Virtual Retrospect : Archéologie & réalité virtuelle*, Institut Ausonius, Pessac, 18-20 novembre 2009.
2. LOUBET Jean-Louis, MICHEL Alain P., « Construire un lieu de mémoires sous la pression immobilière : le cas de Renault-Billancourt », Colloque international : *Le patrimoine industriel : nouvelles politiques urbaines et sens de la reconversion*, Laboratoire Récits / CILAC / MCC-DGP, Belfort, 21-24 septembre 2011.
3. VERGNIEUX Robert, De l'usage de la 3D en archéologie: Colloque Arch-I-Tech, Cluny, novembre 2010 ; *Archéovision N°5*, Editions Ausonius, Bordeaux 2011.
4. VERGNIEUX Robert et Caroline DELEVOIE (dir.), *Virtual Retrospect : Archéologie & réalité virtuelle*, Institut Ausonius, Pessac, 18-20 novembre 2009.
5. VERGNIEUX, R. « Sauvegarder les données numériques 3D du patrimoine », dans VERGNIEUX, R. et C. DELEVOIE (dir.), *Virtual Retrospect 2009*, Bordeaux, Ausonius, 2010, p. 181-184.
6. VERGNIEUX, R., « L'usage scientifique des modèles 3D en archéologie. De la validation à la simulation », dans GRANDE LEON, A. et al. (dir.), *Arqueológica 2.0. 1st International Meeting on Graphic Archaeology and Informatics, Cultural Heritage and Innovation, Sevilla-La Rinconada, Spain, 17-20 June 2009*, Séville, Espagne, Sociedad Española de Arqueología Virtual, 2009, p. 59-62.
7. VERGNIEUX, R., « Archéogrid – Des modèles numériques 3D pour quoi faire? », dans VERGNIEUX, R. et C. DELEVOIE (dir.), *Virtual Retrospect 2007. Actes du Colloque, Pessac (France), 14-15-16 novembre 2007*, Bordeaux, Ausonius, 2008, p. 241-245.

Communications orales sans actes dans un congrès international ou national

Communications dans des colloques internationaux (sans actes)

1. Alain P. MICHEL, "Automobile Assembly Line on Display : Virtual Reconstruction of a Working Process as Interactive "Edutainment" for Museums", 9th International Conference of the International Association for the History of Traffic and Mobility (T2M) : *Transport and Mobility in Display / Session : New Didactics in Transport Museums*, Deutsches Technikmuseum, Berlin, 6-9 octobre 2011.
2. MICHEL Alain P., « A Virtual Workshop to Document Industrial History and Enhance the Patrimonial Value of Lost Vestiges", *Reusing the Industrial Past*, ICOTHEC 2010 Congress, Tampere (Finlande), 9-14 août 2010.
3. MICHEL Alain P., "Virtual Reconstruction of Renault's C5 Workshop and the Assembly Line Process in the 1920's", *Conference Towards a Global History of Production I: Machine Tools and the International Transfer of Industrial Technology*, Centre for History and Economics, King's College, Cambridge, UK Monday 30th March 2009.

Communications dans des colloques nationaux et journées d'études (sans actes)

1. MICHEL Alain P., « Usines 3D : la modélisation virtuelle au service d'une micro-histoire d'atelier », Colloque : *25 ans du CRHST*, Universcience, Cité des Sciences et de l'industrie, 15-17 juin 2011.
2. MICHEL Alain P., « Le film en recherche et en histoire des sciences et techniques: quelles méthodologies, pour quelle utilisation et quelles mises en forme? », Journée d'études sur *Les documents cinématographiques comme sources de l'histoire des sciences et des techniques: esquisse d'une grille d'analyse méthodique*, Université de Brest, équipe de recherche PaHST (Patrimoine, Histoire des Sciences et des Techniques), 10 juin 2011.
3. MICHEL Alain P., « *La modélisation des micro-gestes du travail ouvrier. Quand la reconstitution virtuelle pallie les lacunes des archives* », 4^{ème} Congrès de la SFHST, Session 18 : « Histoire des techniques, modélisation 3D et TIC », Nantes, 18-20 mai 2011.
4. MICHEL Alain P., POUYLLAU Stéphane, « Usines 3D : Reconstitution virtuelle d'ateliers et d'usines du patrimoine industriel (à partir de corpus documentaires complexes) », Workshop ANR, Projets Corpus 2006 et 2007, Module Science-politique et Histoire contemporaine, 17 Décembre 2009.
5. MICHEL Alain P., KEROUANTON Jean-Louis, LAROCHE Florent, "Histoire des techniques industrielles et reconstitution 3D", Journée d'étude, *Usage des sources numériques en histoire des sciences et des techniques*, Cité des sciences et de l'industrie, 9 octobre 2009.

Communications par affiche dans un congrès international ou national

1. MICHEL Alain P., Poster on "Automobile Assembly Line on Display : Virtual Reconstruction of a Working Process as Interactive "Edutainment" for Museums", 9th International Conference of the International Association for the History of Traffic and Mobility (T2M) : *Transport and Mobility in Display*, Deutsches Technikmuseum, Berlin, 6-9 octobre 2011.

Ouvrages scientifiques (ou chapitres de ces ouvrages)

Ouvrages

1. VERGNIEUX Robert, *De l'usage de la 3D en archéologie*: Colloque Arch-I-Tech, Cluny, novembre 2010 ; Archéovision N°5, Editions Ausonius, Bordeaux 2011.
2. LOUBET Jean-Louis, *La maison Peugeot*, Paris, Perrin, 2009, 576 p.
3. MICHEL Alain P., *Travail à la chaîne : Renault 1898-1947*, Boulogne-Billancourt, Editions ETAI, juin 2007, 192 p. 450 documents.

Chapitres d'ouvrage

1. KILOUCHI Shadia, MICHEL Alain P., « Renault-Billancourt' C5 Workshop in the Digital Age: a New Story of the 1922 Assembly Line », in Frédéric Clavert, Serge Noiret, *L'histoire contemporaine à l'ère digitale*, Bruxelles : PIE-Peter Lang, 2012, pp. 207-221 (à paraître).

2. MICHEL Alain P., « Le corpus des corps à la chaîne. Comment documenter l'histoire des gestes ouvriers sur une chaîne des années 1920 ? », in Laurence Guignard, Pascal Raggi, Etienne Thévenin (dir.), *Corps et machines à l'âge industriel*, Presses Universitaires de Rennes, Rennes, 2011, pp. 151-167.
3. LOUBET Jean-Louis, « L'automobile française et ses images », in Robert Belot et Pierre Lamard (dir.), *Image[s] de l'industrie. XIXe et XXe siècles*, Editions Charles Lavauzelle/ETAI, Belfort, 2011, pp. 201-223.
4. SMITH Paul, BELHOSTE Jean-François, MICHEL Alain P., « Les riches images d'une usine effacée : Commémoration et histoire à Renault-Cléon (1958-2008) », in Pierre Lamard, Robert Belot (dir.), *Image[s] de l'industrie. XIXe et XXe siècles*, Editions Charles Lavauzelle/ETAI, Belfort, 2011, pp. 56-65.
5. BENOIT Serge, KILOUCHI Shadia, MICHEL Alain P., POUYLLAU Stéphane, « Usines 3D. La simulation pour questionner les sources et les vestiges de l'histoire industrielle », Actes du colloque *Virtual Retrospect 2009: Archéologie & réalité virtuelle*, Ausonius Editions, 2010, pp. 31-40.
6. BENOIT Serge, « L'évolution de la législation française sur les minières de fer et son influence sur le développement de la sidérurgie de ses origines sous l'Ancien Régime jusqu'au milieu du XIXe siècle », *Mines & Carrières, hors-série. Colloque d'Autun : deux siècles de législation minière en France*, n° 174, octobre 2010, pp. 8-19.
7. HATZFELD Nicolas, « Dynamiques d'usine et bassin industriel : agencements nuancés à Peugeot Sochaux (1948-2000) », in TISSOT Laurent, GARUFO Francesco, DAUMAS Jean-Claude et LAMARD Pierre (dir.), *Histoires de territoires. Les territoires industriels en question, XVIIIe-XXe siècles*, Neuchâtel, éditions Alphil-Presses universitaires suisses, 2010, p. 355-369.
8. HATZFELD Nicolas, MOUTET Aimée, CAYET Thomas, « Rationaliser la production », in DAUMAS Jean-Claude (dir.), *Dictionnaire historique des patrons français*, Paris, Flammarion, 2010, p. 867-873.
9. MICHEL, A., et S. POUYLLAU, « Du document visuel à la reconstitution virtuelle : l'image de synthèse des usines Renault de Billancourt pendant l'entre-deux-guerres », dans LAVEDRINE, B. (dir.), *Genres et usages de la photographie. 132e congrès national des sociétés historiques et scientifiques, Arles 2007*, Les Éditions du Cths, 2009, p. 65-78. (Coll. Actes des congrès nationaux des sociétés historiques et scientifiques).
10. MICHEL Alain P., « Assembly Line », in Akira Iriye, Pierre-Yves Saunier (eds.), *The Palgrave Dictionary of Transnational History*, Macmillan Publishers Limited, Houndmills, Basingstoke, Hampshire, England, 2009, pp. 67-70.
11. MICHEL Alain P., « Toyotism », in Akira Iriye, Pierre-Yves Saunier (eds.), *The Palgrave Dictionary of Transnational History*, Macmillan Publishers Limited, Houndmills, Basingstoke, Hampshire, England, 2009, pp. 1025-1026.
12. MICHEL Alain P., « Corporate Films of Industrial Work: Renault (1916-1939) », in Vinzenz Hediger and Patrick Vonderau (eds.), *Films that Work. Industrial Film and the Productivity of Media*, Amsterdam: Amsterdam University Press, 2009, pp. 165-185. (<http://dare.uva.nl/document/165449>)
13. HATZFELD Nicolas, « De l'action à la recherche, l'usine en reconnaissances », *Genèses*, n° 77, décembre 2009, p. 152-165.
14. HATZFELD Nicolas, « Travail, travailleurs et engagement : "Dire le vrai de cette force, c'est-à-dire ses possibilités" », *Cahiers Jean Jaurès*, n° 191, 2009, p. 49-68.

15. HATZFELD Nicolas, « Retour en chaîne et histoire d'usine. Une interférence de temporalités », in ARBORIO Anne-Marie, FOURNIER Pierre, COHEN Yves, HATZFELD Nicolas, LOMBA Cédric et MULLER Séverin (dir.), *Observer le travail. Ethnographie et histoire, approches combinées*, Paris, La Découverte, 2008, p. 137-151.
16. MICHEL Alain P. avec Nicolas HATZFELD, Laure PITTI, Jean-Charles LEYRIS, « Renault-Billancourt », in Michel Pigenet (dir.), *Mémoires du travail à Paris*, Paris, Créaphis, 2008, pp. 225-314.
17. VERGNIEUX, R., « Origine de l'usage de la Réalité Virtuelle à l'Institut Ausonius et les premiers travaux sur le Circus Maximus », dans RODDAZ J.-M. et J. NELIS-CLEMENT (dir.), *Le cirque romain et son image*, Bordeaux, Ausonius, 2008, p. 235-242.

Directions d'ouvrages

1. BENOIT Serge, MICHEL Alain P. (dir.), *Pierre Bézier, les machines-outils et le monde du génie industriel : 1930-1980*, (actes du colloque de septembre 2010) Belfort, Editions du Récit-UTBM, à paraître en 2012.

Tableau récapitulatif des publications

Publications				
	Articles acceptés dans des revues à comité de lecture	Ouvrages ou chapitres d'ouvrages	Communications	Publications soumises ou en préparation
monopartenaires	4	15	14	1
multipartenaires		4	2	
Avec partenaires internationaux				

C.2 – Actions de diffusion et de valorisation

Articles dans des revues sans comité de lecture

1. HATZFELD Nicolas et CAROU Alain, « Une Babel contemporaine au pays de Peugeot. Le lion, sa cage et ses ailes, création vidéo réalisée avec des travailleurs immigrés », *Migrance*, n° 32, 2008, p. 35-51.
2. HATZFELD Nicolas, QUINTREAU Laurent et VERRIER Gilles, « Regards critiques sur un film choc », *Liaisons sociales magazine*, n° 87, décembre 2007, p. 28-29.
3. MICHEL, A. P., « Un très grand équipement des SHS au service d'un programme de recherche en histoire : quand Usines 3D rencontre le TGE Adonis », *La lettre de l'INSHS*, vol. 8, 2010, p. 5-6.

Conférences données à l'invitation du Comité d'organisation dans un congrès national ou international.

1. KILOUCHI Shadia, MICHEL Alain P., "L'atelier C5 de Renault-Billancourt à l'ère numérique", Symposium, *L'histoire contemporaine à l'ère numérique*, Université de Luxembourg, 15-16 octobre 2009 (conférence invitée). (Visible sur : <http://www.cvce.eu/viewer/-/content/9cef6f06-8d23-4a81-b760-f086eb155d1b/ab330b3e-1688-4f2f-9d20-5e08cb3588e8/fr>, /séquence 00:22:40 / 00:42:40).
2. MICHEL Alain P., « Primary Sources and Interpretation Tools on Line : Collections of Multimedia Documents, Interoperable Data Bases and Virtual Reconstructions to (Better) Document Industrial History », *Websites as Sources : How should humanities and social sciences approach, use and diffuse publicly available online sources?*, Digital Humanities Luxembourg (DHLU) Symposium, Luxembourg 20 to 23 March 2012. (abstract <http://www.digitalhumanities.lu/?p=207>)
3. MICHEL Alain P., « Les usines des constructeurs automobile. Une architecture sans architecte ? », *Architectures et paysages de l'industrie : un autre patrimoine*, Cycle de cours publics de la Cité de l'architecture, Paris, 19 janvier 2012.
4. MICHEL Alain P., « Les usines Renault : de Billancourt à Guyancourt ? Radioscopie d'une conquête, d'un effacement, d'une diffusion », *Architectures de l'automobile : usines, garages, stations services...*, Stage de la Direction générale des Patrimoines, Lyon, 7-9 novembre 2011.
5. MICHEL Alain P., « L'atelier C5 de Renault-Billancourt à l'ère digitale : nouvelle histoire d'une chaîne de 1922 », Symposium TP, *Patrimoine*, Université Paris 1-Sorbonne, 9 juillet 2010.
6. MICHEL Alain P., « Actualité de la modélisation en histoire des techniques (2) : du visuel au virtuel », Séminaire du Centre François Viète, *Patrimoines des sciences et des techniques*, Université de Nantes, 9 mars 2010.
7. MICHEL Alain P., "Visual Documents, Virtual Reality and the Renewal of Labour History", *Conference for the Historical Use of Images*, Vrije Universiteit Brussel, Bruxelles, 10 mars 2009.

Organisation ou co-organisation de colloques et journées d'étude

1. *Pierre Bézier et les machines-outils (Pierre Bézier and Machine Tools)*, colloque international *Towards a Global History of Production II: Machine Tools and the International Transfer of Industrial Technology*, LHEST-UEVE / CRHST-CSI, 15 au 16 septembre 2010.
2. *Usines3D. Reconstitutions virtuelles d'installations et d'activités industrielles du passé*, journée d'étude LHEST-UEVE / CRHST-CSI, 3 février 2012.
3. *Session Histoire des Techniques et modélisation du patrimoine industriel*, Journée, 4^{ème} Congrès de la SFHST, Nantes, 18-20 mai 2011.
4. *Usage des sources numériques en histoire des sciences et des techniques*, Paris, Cité des sciences et de l'industrie, 18 septembre 2007.
5. *Usage des sources numériques en histoire des sciences et des techniques-II*, Paris, Cité des sciences et de l'industrie, 9 octobre 2009.

6. « Session Histoire des Techniques », 3^{ème} Congrès de la SFHST, Paris, 4-6 septembre 2008.
7. Session n° 10 / Panel 60: *Shot and the Visual Documents (Studies) : Hot Perspectives and Bad Shots*, au 50th annual Meeting de la society for the History of Technology (SHOT) : Looking Back, looking Forward, Washington D.C., October 21th 2007.

Participation à des activités d'expertise (collectives ou individuelles), de conseil, de formation

1. MICHEL Alain P., « Primary Sources and Interpretation Tools on Line : Collections of Multimedia Documents, Interoperable Data Bases and Virtual Reconstructions to (Better) Document Industrial History », *Websites as Sources : How should humanities and social sciences approach, use and diffuse publicly available online sources?*, Digital Humanities Luxembourg (DHLU) Symposium, Luxembourg 20 to 23 March 2012. (abstract <http://www.digitalhumanities.lu/?p=207>)
2. MICHEL Alain P., « Les usines des constructeurs automobile. Une architecture sans architecte ? », *Architectures et paysages de l'industrie : un autre patrimoine*, Cycle de cours publics de la Cité de l'architecture, Paris, 19 janvier 2012.
3. MICHEL Alain P., « Les usines Renault : de Billancourt à Guyancourt ? Radioscopie d'une conquête, d'un effacement, d'une diffusion », *Architectures de l'automobile : usines, garages, stations services...*, Stage de la Direction générale des Patrimoines, Lyon, 7-9 novembre 2011.
4. LOUBET Jean-Louis, MICHEL Alain P., experts historiques dans le cadre de la demande d'assistance « pour la conception et la programmation de l'évocation de la mémoire humaine, sociale et industrielle au sein de la ZAC Ile Seguin Rives de Seine », Société anonyme d'économie mixte (SAEM) Val-de-Seine Aménagement, Boulogne-Billancourt, 2011-2012
5. MICHEL Alain P., « L'atelier C5 de Renault-Billancourt à l'ère digitale : nouvelle histoire d'une chaîne de 1922 », Symposium TP, *Patrimoine*, Université Paris 1-Sorbonne, 9 juillet 2010.
6. MICHEL Alain P., « Actualité de la modélisation en histoire des techniques (2) : du visuel au virtuel », Séminaire du Centre François Viète, *Patrimoines des sciences et des techniques*, Université de Nantes, 9 mars 2010.
7. KILOUCHI Shadia, MICHEL Alain P., « L'atelier C5 de Renault-Billancourt à l'ère numérique », Symposium, *L'histoire contemporaine à l'ère numérique*, Université de Luxembourg, 15-16 octobre 2009 (conférence invitée). (Visible sur : <http://www.cvce.eu/viewer/-/content/9cef6f06-8d23-4a81-b760-f086eb155d1b/ab330b3e-1688-4f2f-9d20-5e08cb3588e8/fr>, /séquence 00:22:40 / 00:42:40).
8. MICHEL Alain P., « Visual Documents, Virtual Reality and the Renewal of Labour History », *Conference for the Historical Use of Images*, Vrije Universiteit Brussel, Bruxelles, 10 mars 2009.

Participation à des activités de vulgarisation (expositions, médias, conférences auprès de professionnels ou du grand public, actions de formation...)

1. MICHEL Alain P , Jean-Louis Kerouanton et Florent Laroche, Session *Histoire des Techniques et modélisation du patrimoine industriel*, Journée, 4^{ème} Congrès de la SFHST, Nantes, 18-20 mai 2011.
2. MICHEL Alain P, Christine BLONDEL et Stéphane POUYLLAU, *Usage des sources numériques en histoire des sciences et des techniques-II*, Cité des sciences et de l'industrie, 9 octobre 2009.
3. MICHEL, Alain P., organizer, Session n° 10 / Panel 60 : *Shot and the Visual Documents (Studies) : Hot Perspectives and Bad Shots*, au 50th annual Meeting de la society for the History of Technology (SHOT) : Looking Back, looking Forward, Washington D.C., October 21th 2007.
4. MICHEL, Alain P, Christine BLONDEL et Stéphane POUYLLAU, *Usage des sources numériques en histoire des sciences et des techniques*, Paris, Cité des sciences et de l'industrie, 18 septembre 2007.

Lancement de produit ou service,...

1. *Les perspectives de l'usine*, Documentaire scientifique. Réalisation : RIGNAULT Olivier, MICHEL Alain P, production : LHEST, 33 mn, 2012.
2. Site internet Usines 3D (www.usines3D.fr)

Développement de nouveaux partenariats et de nouvelles collaborations

Entreprises

1. Peugeot PSA : Service des archives de Terre Blanche, Hérimoncourt (Doubs)
2. Renault SA : Service de valorisation du patrimoine historique et culturel de Renault

Musées

1. Musée du Châtillonnais-Trésor de Vix (Côte d'Or, Bourgogne)
2. Musée de la Société d'histoire du groupe Renault (SHGR), rue des Abondances à Boulogne-Billancourt

Collectivités locales

1. Société anonyme d'économie mixte (SAEM) Val-de-Seine Aménagement (Boulogne-Billancourt) demande d'assistance « pour la conception et la programmation de l'évocation de la mémoire humaine, sociale et industrielle au sein de la ZAC Ile Seguin Rives de Seine »

Institutions de recherche

1. Archéovision (<http://archeovision.cnrs.fr>), Centre de Ressources Numériques 3D du TGE -Adonis composé d'une Plate-forme Technologique 3D et d'une cellule de transfert (Archéotransfert) qui lui est adossée.

2. RECITS (recherches sur le changement industriel, technologique et sociétal) est une Équipe d'Accueil (n°3897) de l'Université de Technologie de Belfort-Montbéliard. Interdisciplinaire (*histoire, économie, philosophie, sociologie*), associé au Laboratoire Systèmes et Transports – SeT (EA 3317) et M3M (EA 3318)
3. L'équipe IS3P (Ingénierie des Systèmes, Produits, Performances et Perceptions) du laboratoire IRCCyN (Institut de recherche en Communications et Cybernétique de Nantes), unité mixte de recherches (UMR 6597) du CNRS rattachée à l'INSIS, l'INS2I et à l'INSB.
4. Le CFV (Centre François Viète, Épistémologie Histoire des Sciences et des Techniques, Université de Nantes, EA 1161)
5. Supélec, Direction de la Recherche et des Relations Industrielles (Plateau de Moulon, 91192 Gif-sur-Yvette)

Mise en place de nouveaux projets, obtention de nouveaux financements

1. Réalisation du documentaire scientifique (FIR/UEVE : 12 000 €)
2. Développement du modèle de C5 et réalisation d'un film de présentation pour WE're (Renault Communication : 35 000 €)
3. Développement du modèle de l'évolution du site de Peugeot à Sochaux (Archives de Terre Blanche : 10 000 €)
4. Développement du modèle de l'évolution du site de Renault à Billancourt (Service de valorisation du patrimoine historique et culturel de Renault : 10 000 €)

Tableau récapitulatif des actions de diffusion/valorisation

Diffusion/valorisation			
	Autres articles (dans revues sans comité de lecture,...)	Conférences	Autres (expositions, films, outils, plate-forme technique,...)
Monopartenaires	1	6	11
Multipartenaires	2	1	9
Avec partenaires internationaux			2

D. Pour les projets partenariaux, liste des livrables et affectation éventuelle à chaque partenaire

Tâches et livrables			2008		2009		2010		2011		commentés	Partenaire(s) concerné (s)
Tâches	Chantiers	Accord de consortium	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2		
1	Management général		▲ R	▲ R	▲ R	▲ R	▲ R	▲ R	▲ R	▲ R		LHEST
2	Réunion de lancement Abandon de projet Toyota X remplacement par Peugeot		▲ R									Tous
3	Atelier C5	Dossier documentaire/ numérisation	▲ R	▲ R								LHEST - SHGR
4		Base de données/ Stockage UN2P3 / inventaire EAS XML		▲ R	▲ R							CAK CRHST CN2SV
5		Visioconférences pour la modélisation			▲ R							LHEST Archéotransfert
6		Maquette 3D et vidéo / restitution			▲ R	▲ R						Archéotransfert
7		Visioconférences de validation				▲ R						LHEST Archéotransfert
8	Ht Fourneau Marcenay	Dossier documentaire/ numérisation	▲ R	▲ R								LHEST
9		Base de données/ Stockage UN2P3 / inventaire EAS XML		▲ R	▲ R							CAK CRHST CN2SV
10		Visioconférences pour la modélisation			▲ R							LHEST Archéotransfert
11		Maquette 3D et vidéo / restitution			▲ R	▲ R						Archéotransfert
12		Visioconférences de validation				▲ R						LHEST Archéotransfert
13	Réunion bilan des modélisations					▲ R						Tous
14	Clément Bayard	Dossier documentaire/ numérisation				▲ R	▲ R					DAPA

15		Base de données/ Stockage UN2P3 / inventaire EAS XML					Δ R	Δ R				CAK CRHST CN2SV
16		Vidéoconférences pour la modélisation						Δ R				DAPA Archéotransfert
17		Maquette 3D / restitution						Δ R	Δ R			Archéotransfert
18		Visioconférences de validation							Δ R			DAPA Archéotransfert
19	Peugeot Sochaux	Dossier documentaire/ numérisation					Δ R	Δ R				LHEST
20		Base de données/ Stockage UN2P3 / inventaire EAS XML						Δ R	Δ R			CAK CRHST CN2SV
21		Visioconférences pour la modélisation							Δ R			LHEST Archéotransfert
22		Maquette 3D et vidéo/ restitution							Δ R	Δ R		Archéotransfert
23		Visioconférences de validation								Δ R		LHEST Archéotransfert
24	Colloque Pierre Bézier	Conception							Δ R			LHEST
25		Organisation								Δ R		LHEST
26	Réunion bilan des modélisations et des vidéos									Δ R		Tous
27	Site internet	Conception								Δ R	Noms de domaines LHEST Gestion CAK	CAK CRHST
28		Contenus								Δ R		CAK CRHST LHEST
29		Mise en ligne								Δ R		
30	Documentaire scientifique	Conception								Δ R	Production LHEST	LHEST
31		Tournage								Δ R		LHEST
32		Montage et finalisation								Δ R		LHEST
33	Réunion de clôture									Δ R		Tous
34	Journée d'étude et de valorisation	Conception								Δ R		CRHST - LHEST
35		Organisation (février 2012)								Δ R		

Δ = Prévu	□ = Reprévu	x = Abandonné	R = Réalisé
-----------	-------------	---------------	-------------

E. Bilan et suivi des personnels recrutés en CDD (hors stagiaires)

Identification				Avant le recrutement sur le projet			Recrutement sur le projet				Après le projet				
Nom et prénom	Sexe H/F	Adresse email (1)	Date des dernières nouvelles	Dernier diplôme obtenu au moment du recrutement	Lieu d'études (France, UE, hors UE)	Expérience prof. Antérieure, y compris post-docs (ans)	Partenaire ayant embauché la personne	Poste dans le projet (2)	Durée missions (mois) (3)	Date de fin de mission sur le projet	Devenir professionnel (4)	Type d'employeur (5)	Type d'emploi (6)	Lien au projet ANR (7)	Valorisation expérience (8)
KILOUCHI Shadia	F	shadia.kilouchi@cnrs.fr	2012	DUT gestion de l'information et du document	France	Gestion de l'information et du document dans l'organisation à la MSA et au Centre Regards adés/cnrs	Université d'Evry Centre Alexandre KOYRE	IGE Chargé de ressources documentaires	12 mois 9 mois	28/02/2010 28/02/2009	Ingénieur	CNRS	Statutaire	oui	oui
NICOLOSO Camille	F	camilleni coloso@hotmail.com	2012	Master 2 professionnel Tourisme (spécialité "Valorisation Touristique des Sites Culturels")	France	Contribution à la revue trimestrielle Leader des Médias -Vacataire au service des visas de l'ambassade de France au KOWEIT	Université d'Evry Centre Alexandre KOYRE	IGE Chargé de ressources documentaires	3 mois 6 mois	30/04/2011 15/11/2011	Recherche d'emploi				