

Partage d'expériences

La 3D au service des SHS Pratiques, usages, enjeux

Les technologies émergentes de la numérisation, de la modélisation et de la simulation en trois dimensions pénètrent progressivement le monde des SHS. L'introduction du numérique dans les processus de recherche n'est cependant pas neutre. Depuis les années 1990, l'équipe de Robert Vergnieux, à Bordeaux, alors partie de l'URA991 Centre Pierre Paris puis de de l'UMR5607 Ausonius (CNRS/Université de Bordeaux 3), a œuvré dans ce domaine auprès de chercheurs, de collectivités territoriales et de musées pour accompagner dans leurs démarches les porteurs de projets. Ceux-ci ont ainsi pu bénéficier de l'expertise de ces spécialistes pour inscrire leurs projets dans le long terme et permettre aux données factuelles 3D de bénéficier de dispositifs émergents de pérennisation. Aujourd'hui, ce soutien vient d'être renforcé par le changement de statut de cette équipe en une unité propre de service du CNRS : ARCHÉOVISION (UPS3551 SHS-3D).

Robert Vergnieux, son directeur, nous apporte un éclairage, sur les pratiques et les usages de la 3D dans les SHS, sur les conditions de la mise en œuvre de ces nouvelles technologies, et sur le rôle de l'UPS dans le paysage de la 3D.

L'usage des données numériques tridimensionnelles tend à se généraliser en SHS. Si le potentiel que revêtent les technologies 3D pour la recherche est stimulant pour le chercheur, celui-ci doit prendre conscience des enjeux organisationnels qu'elles présupposent. Leur introduction progressive en SHS modifie de façon significative l'organisation des projets de recherche et génèrent des problématiques jusqu'alors négligées, voire ignorées. Comment, par exemple, restituer des architectures complexes, comment comparer différentes techniques de gravure sur pierre, sans disposer de modèles 3D de grande précision et d'outils numériques 3D adaptés ? Les orientations et objectifs scientifiques d'un projet déterminent les techniques,

rapport aux méthodes de relevés traditionnelles ; elle génère, en plus, un modèle 3D de la fouille à un instant donné qui pourra être ou non exploité en fonction des besoins durant la post-fouille.

En bas : Détail de l'angle inférieur droit (rectangle orange) relevé pierre-à-pierre sur l'orthophoto.

En filigrane : Détail de l'angle inférieur droit, relevé final sans l'orthophoto. (Archeotransfert/Archeovision)

LÉGENDE

En haut : Orthoimage globale de l'ensemble monumental du site d'Eysses (dir. Alain Bouet). Cette image a été faite à partir d'un nuage de points 3D dense, maillé et texturé, obtenu par photogrammétrie par corrélation d'images. Environ mille clichés pris depuis le sol et une semaine et demi de traitements informatiques ont été nécessaires pour couvrir la zone de fouille qui s'étend sur environ un hectare. La reprise des images en DAO a permis de réaliser le relevé pierre-à-pierre des arases des cinq cents mètres de mur. Cette technique permet de gagner en temps et en précision par



à mettre en jeu pour créer ces nouveaux objets numériques 3D. La mise en œuvre de ces techniques n'est pas la même si l'on souhaite disposer d'une réplique numérique 3D d'une grotte avec ses décors pariétaux ou si l'on cherche à restituer le phare d'Alexandrie tel qu'il était dans l'Antiquité. De la même façon, identifier l'intérieur d'une pompe gallo-romaine à partir de relevés tomographiques ne participe pas de la même approche que pour identifier les traces fugaces laissées par des silex sur la paroi d'une grotte ou bien en étudiant les éboulis. Il est donc nécessaire de bien distinguer plusieurs « 3D » selon les usages scientifiques envisagés. La mise au point méthodologique de ces différentes approches nécessite des collaborations étroites avec les unités de recherche d'informatique, ou sociétés privées du domaine. Ces méthodes, outre les pistes originales qu'elles ouvrent, s'inscrivent dans un cadre pluridisciplinaire concret (longtemps appelé par nos tutelles), qui est à même de garantir la réussite de projets 3D ambitieux.

Des méthodes distinctes pour des usages scientifiques différents : "acquisition" ou "restitution"

Pour s'assurer de la pertinence des choix méthodologiques, il est nécessaire de bien saisir les différences fondamentales existant entre "acquisition" et "restitution" numérique.

► Dans le cas de l'**acquisition numérique**, l'objectif est de réaliser un double, une réplique numérique 3D de vestiges anciens dans leur état actuel. Plusieurs techniques peuvent répondre à ce besoin. Le scanner laser en est une, la photogrammétrie, la tomographie ou la modélisation volumique en sont d'autres. Pour ces phases d'acquisition, l'enjeu majeur sera alors de choisir la technique la plus adaptée aux contraintes techniques et aux possibilités de maîtrise du processus : inutile en effet d'acquérir d'importants volumes de données numériques si, faute de collaborateurs spécialisés, de matériel ou de logiciels adéquats (les plus chers n'étant pas forcément les meilleurs), il n'est pas possible de les manipuler ou de les exploiter !

► Dans le cas de la **restitution numérique**, l'objectif est de restituer des volumes aujourd'hui disparus. Cette approche tridimensionnelle est moins dépendante des choix technologiques mais participe directement à la production scientifique. Retrouver des volumes disparus, c'est (re)trouver leurs formes et prouver leur existence. Nous sommes là face à des objectifs scientifiques à atteindre, indépendants des techniques ou des logiciels utilisés.

Ces deux volets relèvent respectivement de deux champs disciplinaires distincts. Les technologies de l'acquisition numérique de données du réel sont principalement développées dans les laboratoires de recherche en informatique. De nombreuses innovations en sortent régulièrement. Leur champ d'application relève du domaine du *Cultural Heritage*.

Le patrimoine européen est d'ailleurs devenu une « succursale » des développeurs d'applications 3D ! Les nouveautés informatiques se retrouvent ainsi régulièrement « développées » à partir des objets ou sites du patrimoine culturel, sans valeur ajoutée pour la connaissance de ce patrimoine. Poussé à son extrême, cet état de fait a induit des effets indirects négatifs : un projet de recherche archéologique peut ainsi se voir refuser des financements européens, au motif qu'il n'est pas « novateur » sur le plan technologique.

Une pluridisciplinarité de qualité

Par l'utilisation de modèles numériques 3D, la communauté SHS se donne de nouveaux objectifs nécessitant une véritable approche pluridisciplinaire et obligeant les informaticiens à mener des recherches qu'ils n'auraient pas spontanément envisagées. Dans ce cas, certes idéal, le projet de recherche peut ouvrir sur des innovations technologiques et des résultats scientifiques pour les SHS ; l'archéologie en est un exemple notoire.

La communauté des archéologues fait, en effet, de plus en plus appel à ces techniques, comme le confirme l'évolution des communications présentées dans le cadre des colloques *Virtual Retrospect* ou bien lors des *JIAF 2012*. L'avenir scientifique de ces usages de la 3D passe bien par une approche pluridisciplinaire consolidée. La difficulté est ici de concilier les objectifs scientifiques des chercheurs en SHS avec les objectifs des collègues informaticiens. La réussite, quant à elle, passe par des développements informatiques au service des objectifs SHS. Le schéma archaïque selon lequel les chercheurs en informatique penseraient des solutions "qui sont bonnes" pour les SHS ne peut faire sens et freine, dans les faits, la mise en place de projets ambitieux.

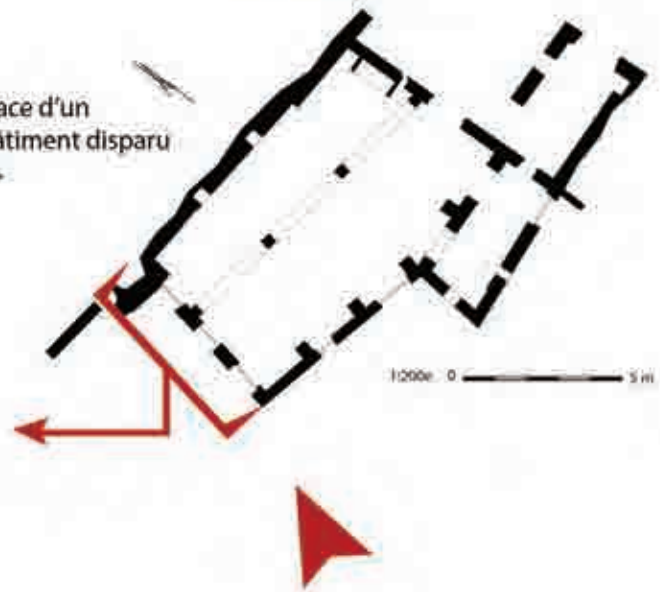
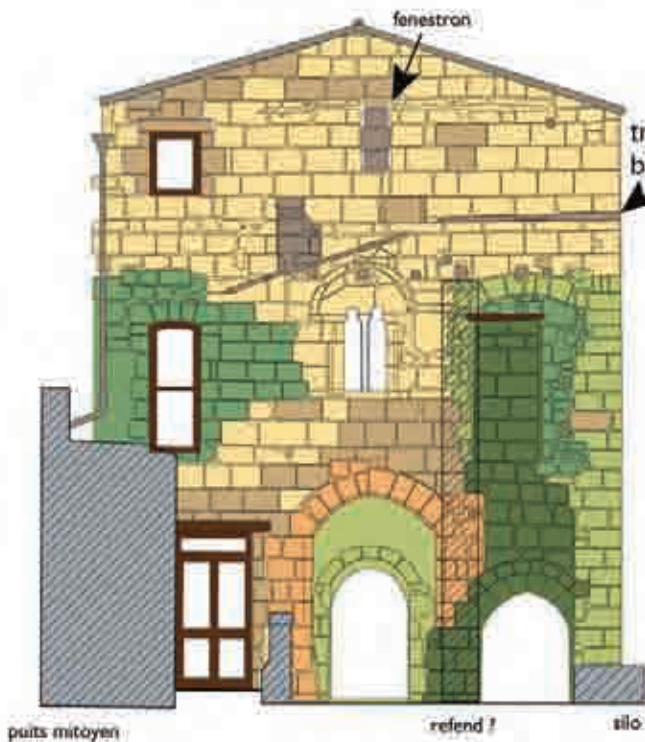
L'une des missions de l'unité propre de service SHS-3D ARCHÉO-VISION est justement de porter une attention toute particulière à ce dialogue, qui permet aux projets de recherche en sciences humaines et sociales de produire des résultats sur les deux versants disciplinaires. Nous sommes à l'interface de deux communautés et par notre participation à de nombreux projets, nous favorisons le dialogue entre elles.

Un métalangage visuel qui favorise la réflexion collective

La difficulté de mise en œuvre de tels projets pluridisciplinaires réside dans la façon de faire dialoguer tous les spécialistes et de parvenir à engranger des avancées significatives en termes de 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 ayant sa propre vision des volumes. Mais dès qu'une première

ébauche tridimensionnelle est visualisable, le dialogue entre deux chercheurs de champs disciplinaires distincts peut s'instaurer. Chacun peut argumenter de manière précise sur la restitution des « volumes », en mobilisant ses propres connaissances. L'« image » désormais partagée devient l'une des conditions nécessaires au dialogue. La toute première étape des projets de restitution, que nous encadrons techniquement, est l'élaboration de l'ébauche 3D des édifices étudiés – élaboration qui tient compte d'éventuelles hypothèses émises antérieurement.

Utilisation de la photogrammétrie par corrélation d'images, par le biais d'orthoimages et de nuages de points 3D denses, pour la réalisation de plans et de relevés pierre-à-pierre dans l'étude archéologique du bâti médiéval de Saint-Émilion. Étude en cours (dir. F. Boutouille)
PCR « Saint-Émilion et sa juridiction. Genèse, formes et architectures d'un territoire »



1:1000 0 5m

Périodes modernes et contemporaines (XV^e-XX^e siècles)

- Phase 1
- Phase 2
- Phase 3
- Indéterminé
- Restauration 1980
- Bouchage

- Moyen Âge
- Fin XII^e- début XIII^e siècle
 - XIV^e siècle
 - Rejointoiement XX^e siècle

Saint-Émilion « Salle gothique »
Rue Guadet (cad. 428)
Modèle 3D ; Archéotransfert, CNRS, Pascal Mora
Relevé Agnès Marin

Un modèle 3D ne "prouve" généralement rien. Il favorise les discussions entre experts et permet de documenter plus finement les données. Ce sont, avant tout, des enregistrements qui intègrent des informations géométriques 3D et permettent des approches quantitatives précises. Dans le cas de la restitution de volumes disparus, les modèles numériques 3D permettent d'évacuer les impossibilités ou bien de valider la pertinence des hypothèses émises. Les articles destinés à la communauté des chercheurs étayeront ensuite les hypothèses. Les "vues" issues du modèle numérique 3D serviront, quant à elles, d'illustrations.

Des images issues de la recherche, disponibles pour la valorisation

L'immédiateté de perception des images de synthèse et l'aspect ludique qu'elles véhiculent les rendent populaires mais elles peuvent également générer des confusions. En effet dans le domaine du patrimoine, les acteurs de la valorisation disposent souvent de financements pour créer des images 3D plus « digestes » de vestiges partiellement disparus. Pensant seulement agir dans le champ de la valorisation, ces productions relèvent en réalité du domaine de la recherche et ne peuvent se contenter de la seule approche infographique. Le rôle de l'UPS est de faciliter le dialogue entre les acteurs incontournables pour de tels projets. Autrement dit, réunir les conditions et trouver les moyens nécessaires pour faire dialoguer scientifiques, médiateurs et informaticiens. L'UPS veille à ce que les demandes de chacun soient reconnues par tous. La valorisation d'un édifice par une mairie pour en faire la promotion touristique est en effet tout aussi importante que la fouille d'un secteur en vue d'en connaître l'histoire.

Il faut impérativement concilier ces différents objectifs pour que chacun en retire plus que ce qu'il aurait pu espérer seul. Ces actions participent à un positionnement plus tangible de la recherche en SHS dans la société civile. Les citoyens concernés par ces projets acquièrent une vision plus concrète des enjeux scientifiques du patrimoine.

Une révolution numérique en marche : la photogrammétrie

Un des aspects particuliers de notre activité est de contribuer au développement de la photogrammétrie (voir [article suivant](#)). Cette technologie relativement ancienne connaît un essor considérable grâce au développement d'algorithmes de plus en plus performants, de l'accroissement des puissances de calcul des ordinateurs et d'une relative simplicité de mise en œuvre. En réalisant une série de photographies numériques d'un objet, il est possible, à partir d'algorithmes, d'obtenir un double numérique 3D de l'objet sous la forme d'un nuage de points ou d'un objet numérique maillé. Cependant, si cette méthode est accessible à tous pour documenter des objets ou des sites avec des résolutions moyennes, la qualité nécessaire pour effectuer des recherches relève encore du domaine des experts.

En quoi ces usages révolutionnent-ils nos métiers ? Lors d'une fouille de sauvetage, il est tout à fait possible de réaliser, grâce à cette

méthode peu contraignante, une couverture photographique des différentes phases de fouille en prévision d'un traitement ultérieur par photogrammétrie. Ces jeux photographiques peuvent être sauvegardés et pérennisés (voir à ce sujet les [recommandations du TGE Adonis](#)). Lors de l'exploitation scientifique du gisement, il sera alors possible de revenir sur des points particuliers de la fouille : on peut, par exemple fournir à l'archéologue la vision 3D du terrain tel qu'il était au moment de la fouille, par le biais d'un modèle numérique 3D reconstruit à l'aide des jeux photographiques. Pour un coût relativement modeste, les fichiers photographiques, contenant des modules numériques 3D potentiels, peuvent être stockés, sans qu'il soit nécessaire de financer immédiatement la production de ces modules. Ce n'est qu'en fonction de la demande et des problématiques exposées à un moment donné qu'une reconstruction 3D pourra être effectuée.

L'engouement pour la photogrammétrie doit aussi beaucoup à la qualité visuelle des données. En sciences humaines, une part non négligeable du traitement de l'information passe par l'expertise visuelle. Tel spécialiste est capable d'identifier tel objet, parce qu'il

en a déjà "observés" des milliers. À la différence de la photogrammétrie, les scanners laser 3D ne permettent pas la mise en œuvre d'une telle expertise visuelle : l'expert se retrouve avec un modèle numérique 3D, le plus souvent dépourvu de texture, ou bien avec une texture dont le placage est de trop faible précision. Dans le cas de la photogrammétrie, l'expertise visuelle du spécialiste peut s'appliquer presque sans limite. La qualité de l'image est construite à partir des pixels des images numériques utilisées. L'expert, habitué à travailler sur écran d'ordinateur, peut travailler sur ce même niveau de

définition, avec la possibilité supplémentaire de manipuler des informations géométriques en trois dimensions.

Pour accompagner cette profonde mutation, l'équipe de l'UPS collabore à la mise au point de "boîtes à outils 3D pour les SHS" qui permettront d'effectuer des manipulations élémentaires ou complexes sur ces nouveaux objets numériques, sans nécessiter de la part du chercheur des notions avancées en développement 3D. Un défi important est celui du déploiement d'algorithmes sur les clusters d'ordinateurs pour bénéficier des puissances nécessaires à la fabrication des nuages de point 3D, issus des jeux d'images. Au plan national, il est indispensable de prévoir le stockage pérenne des jeux de photographies numériques de terrain car elles constituent les modèles numériques 3D de demain.

Robert Vergnieux
Directeur d'ARCHEOVISION

contact&info

- ▶ Robert Vergnieux, ARCHEOVISION
vergnieux@u-bordeaux3.fr
- ▶ Pour en savoir plus
archeovision.cnrs.fr