



HAL
open science

Retour d'expérience sur l'intégration d'une PFT collaborative dans les projets de valorisation du patrimoine

Julien Castet

► To cite this version:

Julien Castet. Retour d'expérience sur l'intégration d'une PFT collaborative dans les projets de valorisation du patrimoine. Virtual Retrospect 2013, Robert Vergnieux, Nov 2013, pessac, France. pp.157-163. hal-01921458

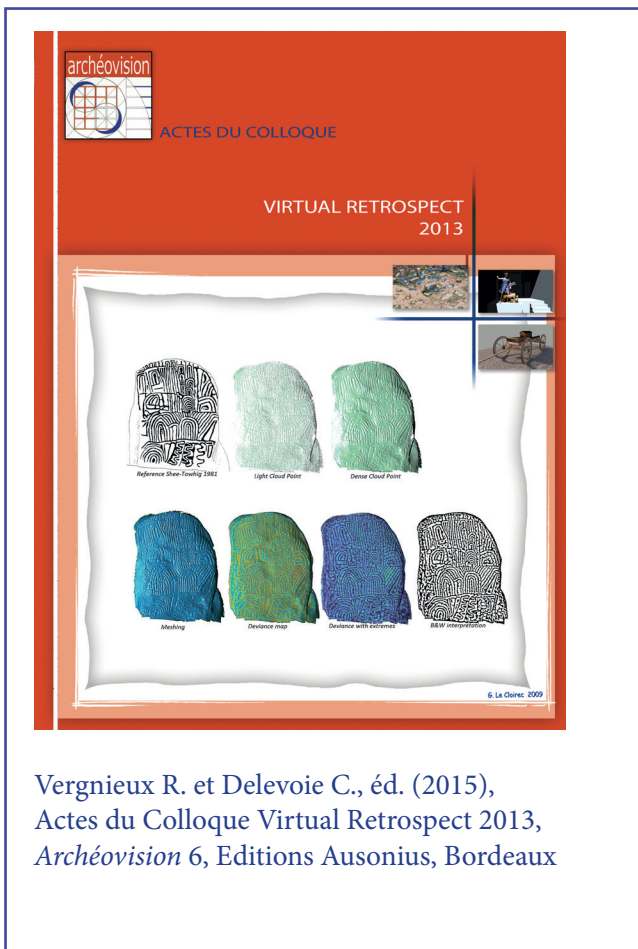
HAL Id: hal-01921458

<https://hal.science/hal-01921458>

Submitted on 22 Nov 2018

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.

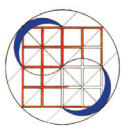
L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Vergnieux R. et Delevoie C., éd. (2015),
Actes du Colloque Virtual Retrospect 2013,
Archéovision 6, Editions Ausonius, Bordeaux

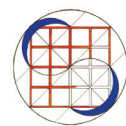
Tiré-à-part des Actes du colloque Virtual Retrospect 2013

Pessac (France) 27, 28 et 29 novembre 2013

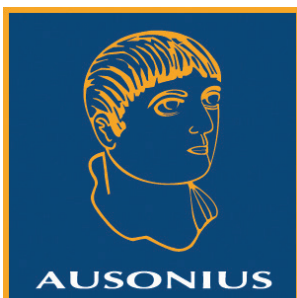


J. CASTET

*Retour d'expérience sur l'intégration d'une PFT collaborative dans les
projets de valorisation du patrimoine*



pp.157-163



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



Retour d'expérience sur l'intégration d'une PFT collaborative dans les projets de valorisation du patrimoine

Julien Castet, Immersion SAS, Bordeaux
julien.castet@immersion.fr

Résumé : L'usage de la maquette numérique 3D est aujourd'hui pleinement intégré comme un moyen efficace permettant de visualiser de façon réaliste, flexible et pertinente des environnements architecturaux, passés, présents ou futurs. Il est aujourd'hui possible d'immerger les différents acteurs d'un projet dans cette maquette 3D grâce aux outils de la réalité virtuelle. Cependant ce besoin d'expérimenter la maquette 3D s'inscrit généralement dans un contexte plus large où le processus de collaboration multidisciplinaire est au centre des enjeux. Au cours de ces processus, le partage et la comparaison de différentes données, aussi bien 3D que 2D ou textuelles, est une étape critique pour favoriser et archiver le résultat de ces échanges multidisciplinaires.

Confrontés à cette problématique, nous avons développé une solution de collaboration tirant profit des capacités de collaboration et d'interaction offertes par les tables tactiles. En combinant visualisation d'une représentation 3D partagée entre les utilisateurs et capacités d'agrégation des informations complémentaires, cette solution a été conçue et produite afin d'offrir un ensemble d'outils permettant à chacun de participer à la construction d'une représentation commune d'un site.

L'annotation globale, la visualisation commune, le contrôle à distance comptent parmi les axes d'optimisation de cette plateforme cherchant à améliorer la flexibilité, la qualité et l'exhaustivité des échanges entre professionnels. D'une manière générale, l'intuitivité et la robustesse ont été mis en exergue afin de s'adresser directement aux professionnels et chercheurs sans nécessiter la présence d'un opérateur, tout en étant un complément efficace aux solutions d'immersion 3D.

Mots-clés : collaboration, revue, simulation 3D

Abstract : 3D simulation has demonstrated the capacity to provide an effective representation of realistic, flexible and relevant

architectural environments, of the past, present and future. It is currently possible to fully immerse the stakeholders of one project in the 3D digital mock-up, thanks to virtual reality solutions. However this need to explore the 3D digital mock-up comes within a wider context where the multidisciplinary collaboration is the real critical issue. During this process, sharing and comparing different data formats, 3D as well as 2D or text, is a critical step to improve and to archive the multidisciplinary discussions.

For that purpose, we developed a collaborative solution taking advantage of the collaborative and interactive features of multi-touch tables. This device combines visualization of 3D environment and aggregation of additional information. It serves the sharing of expertise with a set of tools enabling anyone to build a common representation.

Global annotation, common visualization and remote control of data are among the objectives behind this contribution. This solution should improve flexibility, quality and completeness of professional exchanges.

Keywords : collaboration, review, 3D simulation

INTRODUCTION

La restitution 3D d'environnements architecturaux, passés, présents ou futurs, est aujourd'hui un outil reconnu par de nombreux professionnels et chercheurs pour étudier, confronter, concevoir, reconstruire et/ou valoriser le patrimoine.

Dans un contexte archéologique également, les environnements 3D ont prouvé leur capacité à offrir une représentation efficace permettant de visualiser les hypothèses associées à la reconstitution d'un site de façon

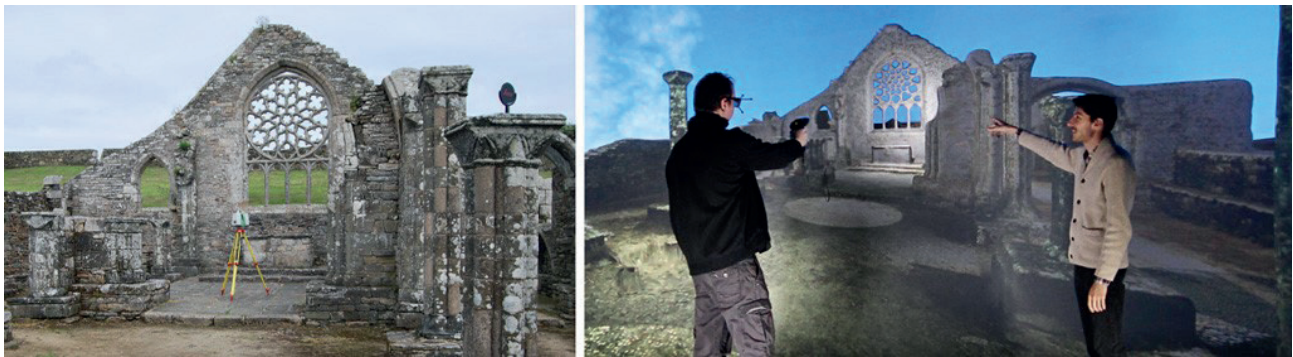


Fig. 1. Une restitution d'un environnement architectural (Dossier de la revue Archéologia n° 518 – Fév 2014).

réaliste, flexible et pertinente. Associés à des solutions de projection de type réalité virtuelle, il est même possible d'immerger dans ces environnements 3D les différents acteurs du projet de reconstruction pour une expérience commune et leur permettre d'y partager leurs réflexions. La virtualisation des sites patrimoniaux représente également un nouveau moyen de médiation. Ainsi la restitution d'un site par la succession des moments clés qui ont construit par stratification le site et son environnement est un exemple à forte valeur ajoutée.

Ces nouveaux outils ont cependant pour contrepartie d'apporter de fortes contraintes techniques. Cet usage de la représentation 3D nécessite d'abord de larges bases de données afin de construire une expérience utilisateur proche de l'expérience réelle. Ce problème est généralement bien identifié et le degré de réalisme du modèle 3D est ajusté en fonction de l'espace de stockage et de la puissance de calcul disponibles. L'incompressibilité de l'information n'est cependant pas la seule limite des outils actuellement disponibles. La multitude des formats 3D est également un problème majeur de ces solutions puisque, dès lors qu'il s'agit de comparer différentes hypothèses de reconstruction, la coexistence de plusieurs modèles sur un même support de travail est parfois difficile car peu de solutions logicielles garantissent la visualisation parallèle de tous les formats 3D. Finalement, ces incompatibilités sont autant de limites

pour les études archéologiques en freinant les processus de comparaison, de combinaison ou de modification parfois indispensables à la compréhension globale d'un site. De manière générale, ces limites ne se résument pas qu'aux données 3D qui ne sont qu'une partie de l'information associée à l'étude d'un site patrimonial. En effet, l'usage de solutions de visualisation 3D se résume aujourd'hui à la lecture d'un seul modèle et n'offre quasi pas de possibilités de compléter la 3D par des informations d'autres types, notamment 2D. Or, ces informations complémentaires, pouvant représenter sources documentaires, textes, photos d'archives ou hypothèses de reconstruction alternatives, sont critiques à la discussion, à l'échange, au partage des connaissances et des expertises, et donc au projet.

Malgré le gain incontestable des outils numériques 3D pour la reconstruction du patrimoine, agréger les connaissances et expertises de chaque acteur de ces études est effectivement rendu délicat, voire impossible, par la spécialisation de ces mêmes outils. Dédiés à une visualisation avancée d'un sous ensemble des informations 3D pour une personne, ils sont limités dans leur capacité à mettre différents types d'informations complémentaires à disposition de plusieurs experts, leur permettre de les partager efficacement, comparer leurs différents contenus, et favoriser et archiver les différents échanges





Fig. 2. Séances de travail combinant interfaces immersive, collaborative et solution de partage d'informations et de réflexions

La contribution présentée à travers cet article a pour objectif d'illustrer comment l'usage de la plateforme collaborative *Meetiiim* permet de favoriser les processus d'échange entre les disciplines et/ou les expertises. En combinant visualisation d'une représentation 3D partagée entre les utilisateurs et capacités d'agrégation des informations complémentaires à la mise en commun des expertises, celle-ci a été conçue et développée par la société Immersion SAS afin d'offrir un ensemble d'outils collaboratifs permettant à chacun de participer à la construction d'une représentation commune d'un site. L'annotation globale, la visualisation commune, le contrôle à distance comptent parmi les caractéristiques de cette plateforme cherchant à améliorer la flexibilité, la qualité et l'exhaustivité des échanges entre professionnels. D'une manière générale, l'intuitivité et la robustesse ont été mis en exergue afin de s'adresser directement aux professionnels et chercheurs sans nécessiter la présence d'un opérateur, tout en étant un complément efficaces aux solutions d'immersion 3D.

En collaboration avec Archéovision, la solution *Meetiiim* a été appliquée à un projet aquitain, 2C3D (conception collaborative 3D) de reconstruction de l'évolution dans le temps des données paysagères et architecturales d'un village du Périgord afin d'en évaluer ses performances et ses limites. Cette évaluation a été menée par Archéovision ayant pour mission d'aider à l'intégration d'outils 3D dans l'environnement du CAUE 24 (Conseil d'Architecture d'Urbanisme et d'Environnement de la Dordogne). Le projet 2C3D participe ainsi à la mise en place, dans un premier temps, d'outils collaboratifs entre Archéovision et le CAUE 24. Puis, dans un second temps, à évaluer le potentiel de ces outils pour mener à bien le conseil auprès des collectivités partenaires. Pour le projet pilote 2C3D, ce sont les acteurs du développement de la commune d'Audrix qui ont été retenus par le CAUE.

Cet article résume les méthodes et échanges mis en œuvre au cours du projet 2C3D. Il s'agit donc de réaliser un premier bilan d'une expérience unique en son genre puisqu'elle met en lien des experts d'un domaine et des experts d'outils numériques pour porter à l'usage des solutions innovantes pour l'interaction et la visualisation de données dans un contexte à fort potentiel collaboratif.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

La pluridisciplinarité du projet 2C3D – nécessitant des échanges entre des acteurs SHS, des acteurs 3D et des acteurs extérieurs – ainsi que le besoin de minimiser le nombre de rencontres tout en maximisant l'efficacité – les uns étant locaux, les autres à distance – est un cas applicatif typique où la flexibilité d'une solution collaborative, l'efficacité d'outils numériques et la compréhension mutuelle renforcée par des interactions intuitives prennent tout leur sens. Encore en cours, ce travail nous permet ainsi de valider les fonctions les plus à même de supporter efficacement le travail collaboratif des archéologues, tout en pointant du doigt les limites du système et les évolutions nécessaires.

Différents types d'acteur

Les acteurs SHS sont composés d'experts (ingénieur, chercheur, enseignant-chercheur) dont les champs d'expertise peuvent se recouper ou être disjoints. Ils couvrent différents domaines archéologie, antiquité, histoire, histoire de l'art, architecture, paysage, épigraphie, archéométrie, temps modernes, etc... Dans le contexte du présent projet les acteurs comprennent également les collectivités territoriales partenaires du CAUE 24.

Les acteurs 3D sont composés des ingénieurs, stagiaires ou sous-traitants qui produisent les données 3D. Ils les modifient (production et évolution de la géométrie) et les finalisent : production de modèles 3D sous un format pouvant être utilisé par les partenaires non experts en 3D. Les acteurs extérieurs peuvent être sollicités ponctuellement en complément. Par exemple un ingénieur du son, un mécanicien, un hydraulicien et dans le cas du présent projet : un urbaniste, un médiateur



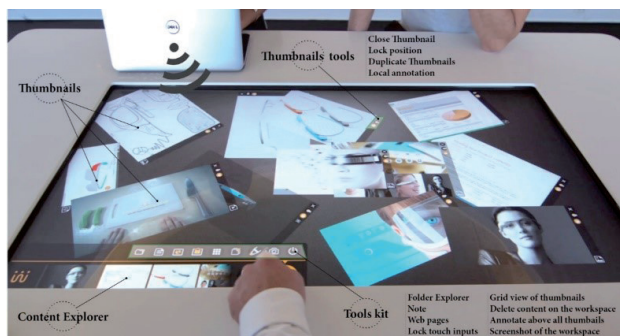
Fig. 3. Exemple d'un ensemble représentatif des acteurs pris en compte par le projet.

ou encore les élus ou citoyens concernés par le site étudié etc... voire même des sous-traitants ponctuels.

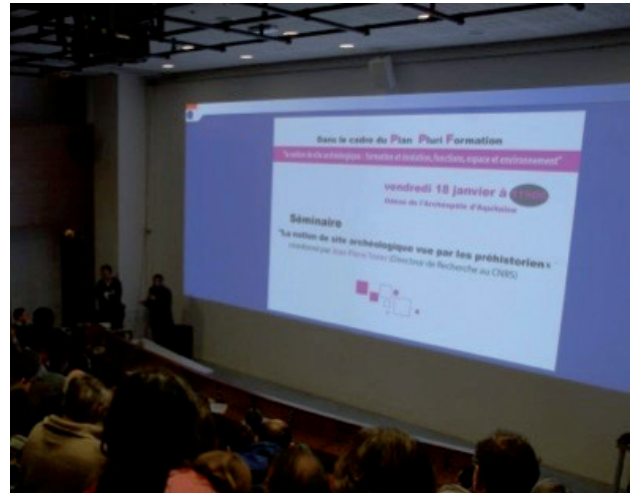
Différents composants matériels

La plateforme expérimentale dont il est question ici, se compose de deux éléments principaux : la solution *Meetiim* dédiée à la collaboration et un dispositif de visualisation.

La solution *Meetiim*, développée par Immersion SAS, se compose d'une brique logicielle et d'une table collaborative. Celle-ci a été installée dans l'Odéon, salle de réalité virtuelle d'Archéovision. Elle est reliée au réseau Internet par câble avec IP fixe et un dispositif WIFI qui permet aux divers ordinateurs portables (PC & Mac) de partager du contenu sur la table via un client *Meetiim*. Celle-ci est également associée au dispositif de l'Odéon, ce qui permet d'envoyer sur l'écran de l'Odéon une réplique de l'image de la Table. L'application logicielle associée à la table permet d'envoyer sur la table des contenus de nature différente, chacun affiché dans une vignette indépendante. Ces vignettes peuvent être manipulées, tout comme leurs contenus (zoom dans une image, manipulation d'un modèle 3D...). Plusieurs fonctions spécifiques à la visualisation de affichées horizontalement sont également proposées, de la duplication à l'organisation des vignettes. Enfin, des capacités d'enrichissement (annotations, partage instantané de fichier ou d'écran) ou d'archivage (copie des fichiers, capture globale ou locale de l'information pour récupération sur son dispositif personnel) sont également proposées.



L'Odéon est un dispositif de 96 places permettant de présenter au public les résultats des recherches SHS. Un dispositif de HUB (KVM) pour les écrans permet de dispatcher les flux vidéo des ressources en fonction des besoins. La projection stéréoscopique est assurée par un dispositif de filtres passifs type Infitech™.



Sujet et démarche de l'étude

La commune d'Audrix a été identifiée comme premier cas d'application de cette collaboration. Elle offre de nombreuses caractéristiques correspondant au critère de choix pertinent pour un site dans le présent contexte de transfert. C'est un petit bourg dense, chargé d'histoire, en évolution et avec une certaine pression foncière. Il est situé dans un territoire dynamique et patrimonial de la Vallée de la Vézère. Il existe de nombreuses sources documentaires et des personnes ressources sont à disposition pour ce projet. Ce territoire est porteur de projets actuels et futurs.

Une première phase a consisté en une prise de connaissance du site, et notamment des éléments suivants :

- récolte, étude et classement (SIG+Archéogrid) des documents existants ;
- rencontre des acteurs principaux ;

- photographies et relevés des éléments nécessaires sur le site ;
- recherches des solutions techniques de représentation, de diffusion...
- Modélisation 3D au fur et à mesure de l'avancement des connaissances
 - architecture (bâtiment, volume, texture...);
 - paysage (système agricole, végétation...).
- Validations étape par étape des restitutions à différentes époques ;
- simulations des étapes futures possibles ;
- création de supports pour l'exploitation, la diffusion.

Voici le modèle utilisé en cours de séance pour réaliser un Relevé de Conclusion d'une séance

Date de la séance		ID de la séance	
Objectif de la séance		ID du relevé de conclusion	
ID de la séance		Problème posé	
Acteurs Présents		Conclusion apportée	
Commentaires		Commentaires	

RÉSULTATS ET OBSERVATIONS

À terme, ce travail a pour objectif de formaliser un modèle de collaboration mis en jeu dans ce contexte afin de répondre au plus juste aux besoins des utilisateurs et aux spécifications de la tâche. Pour ne pas réduire ce projet à un simple débogage de solutions technologiques proposées aux SHS, il paraissait non seulement souhaitable, mais encore fondamental, de commencer par construire une clarification et un début de structuration du langage identifiant les acteurs, les données et les flux de visualisation collaborative afin d'en manipuler les concepts pour que les techniques mises en œuvre puissent devenir des pistes concrètes de réponses face à la complexité de la situation. Ce qui suit présente les grandes composantes ayant structuré les premiers échanges et qui cristallisent aujourd'hui les principales problématiques au cœur de ce type de collaboration.

Les séances collaboratives

Lors de séance de recherche et d'expertises de type "cumul-confrontation", la table collaborative s'est révélée d'une efficacité remarquable. Ces séances correspondent, toutes proportions gardées, aux revues de projet du monde industriel, dans lesquelles confrontations de points de vue et d'expertises autour de plusieurs représentations, dont certaines 3D, sont également critiques. Leur particularité pour les SHS est de faire émerger des réflexions scientifiques à partir de sources documentaires sans savoir à l'avance ni sur quels points se focalisera la réflexion, ni quelles sont les sources documentaires qui prendront de l'importance démonstrative, à un instant donné, lors des échanges

entre experts. Ces séances dites collaboratives se déroulent selon un ordre du jour construit sur des questionnements logiques ou bien sur des problèmes identifiés considérés comme étape du raisonnement devant déboucher sur une meilleure compréhension du site étudié. En début de séance, il est particulièrement difficile de savoir de façon exhaustive quelles sont les données qui joueront un rôle pour alimenter la réflexion collective et individuelle des experts présents (local et/ou distant).

Lors de la tenue d'une séance, il est clairement identifié comme indispensable de pouvoir enregistrer les événements qui se déroulent et plus particulièrement les associations de documents en séance qui peuvent construire de nouveaux faits. Les éventuels commentaires des experts seront également précieux dans cette optique. Les mécanismes de base de la construction des raisonnements lors de ces séances sont :

- l'association de deux documents entre eux
- l'association partielle de deux documents entre eux
- la nature de la relation d'association entre deux documents
- l'identification du commentaire lié à un document
- l'identification du commentaire lié à l'association de deux documents

Dès les premières expérimentations, c'est dans ces relations que se crée la découverte de chemins menant à de nouvelles démonstrations. Les données documentaires locales ont été installées avant la séance (dossier de session). Elles sont sollicitées par ensemble successif en fonction de l'ordre du jour. On note que les échanges verbaux conduisent souvent à faire référence à d'autres documents dont la pertinence active pour le raisonnement en cours n'a pas pu être anticipée. Un accès réseau ou web devient donc indispensable pour atteindre le document en question. Cette flexibilité est également nécessaire en local puisque les documents sont la plupart du temps à disposition dans les dispositifs informatiques personnels des différents experts. Ainsi, les flux d'entrée de l'espace collaboratif doivent nécessairement faire l'objet d'une attention particulière pour garantir à l'utilisateur un accès simplifié à n'importe quelle source de données.

Mise à jour de la Base de faits

Au cours des séances collaboratives, les associations de "faits" sont identifiées comme les données les plus critiques à la sortie des séances de travail. Associé à celles-ci, la liste des modifications 3D devant être effectuées est également relevée comme un des points centraux. Une exigence majeure pour ce type d'environnement collaboratif est donc de mémoriser un "relevé de conclusions" avec les faits ayant conduit à l'émergence de chaque conclusion. Pour cela, un texte minimum doit pouvoir être saisi avec des références (ID_RC = date AAMMJJ, n° x) auxquelles il faut pouvoir

associer des documents. A priori, dans le cadre d'un usage 3D collaboratif, il faut également établir une nomenclature 3D afin de pouvoir lier telle unité géométrique avec tel ensemble de faits. Nous appelons cette nomenclature "info3D". Ce type de nomenclature doit posséder une "granulométrie" adaptée aux problématiques. L'unité de description de la nomenclature 3D doit donc correspondre à l'unité géométrique de base utilisée. Par exemple, cela peut être l'habitation (cas d'Audrix) mais aussi des unités architecturales plus fines : colonne, architrave, poutre selon les questionnements.

Actuellement, la modification de la base de données se fait en dehors des réunions collaboratives. Ainsi la mémorisation des échanges autour de la base de faits pendant la réunion est critique dans le processus global de la séance de travail. En conclusion, la mémorisation des échanges n'est pas nécessaire, cependant la mémorisation des résultats issus de ces échanges ainsi que les ID des documents mis en jeu lors de ces échanges est critique pour la pérennisation de ces séances collaboratives.

Mise à jour du modèle 3D

Actuellement la modification du modèle 3D se fait en dehors des réunions collaboratives. Parfois, des modifications sont apportées en temps réel par l'expert 3D lors de la séance. Cependant ces modifications ne sont que des propositions visuelles temporaires. En effet, ces propositions sont élaborées pour "suggérer" la modification 3D suite à une proposition des experts SHS. Si la modification est retenue pendant la séance, alors il faut en enregistrer la teneur (relevés de conclusion) mais le modèle numérique 3D sera modifié en conséquence en dehors de la séance. Le temps de réalisation de la modification est trop long pour être entrepris pendant la séance. Cependant elle sera réalisée avant la séance suivante pour y être de nouveau discutée.

Ce décalage dans le temps est nécessaire pour l'expert 3D qui a besoin d'un temps de réalisation "au propre" plus long que celui dont il peut disposer pendant la séance collaborative. Il est aussi à noter qu'une proposition (piste à suivre) peut évoluer lors de la séance collaborative ce qui n'incite pas à chercher à la finaliser "à la volée" sur le plan de sa réalisation 3D.

Enfin, il faut également avoir à l'esprit que lors de cette mise au propre ultérieure de la modification par un ingénieur 3D, des problèmes qui n'avaient pas été perçus peuvent apparaître. Afin de trancher, l'ingénieur 3D prendra contact directement avec l'un des experts concernés par ce point de détail ; par le biais de séances binômes (e.g. échange de captures d'écrans par mail) ils proposeront une solution qui sera à son tour commentée lors de la séance suivante.

Modèle 3D et base de faits

Actuellement, le modèle 3D est lié à la base de faits via la nomenclature des fichiers, qui inclut dans l'idéal :

Comment le modèle 3D pourrait être au centre de la base de faits ?

Quel serait l'usage d'un modèle 3D collectif ?

Comment se ferait la navigation et la recherche dans la base de faits ?

Le principe d'un modèle 3D cliquable reste l'interface idéale. Le méta langage visuel qu'il représente permet la synthèse des interactions possibles entre les modèles 3D et les bases de faits, offrant un véritable SIG3D (et non pas 2D et 1/2), dont les unités géométriques 3D (nomenclature 3D) donnent accès à la documentation hétérogène par liens. Dans le cadre du projet 2C3D, nous nous sommes limités à une nomenclature calée sur le parcellaire.

Identification des besoins du CAUE

L'observation de ces séances collaboratives a également permis d'affiner le besoin des principaux acteurs du projet d'un point de vue technique mais également d'un point de vue des usages. Le CAUE accompagne et conseille les élus dans leur projet d'aménagement. Cet accompagnement se compose de trois phases. Une première phase consiste à leur transmettre la connaissance de leur territoire, à l'échelle communale. Le CAUE a besoin de leur montrer les évolutions qu'à subit leur territoire à des époques clés au travers d'une navigation dans le modèle 3D réalisé à cet effet. (Comparaison des époques, zoom sur certains points). Une deuxième phase consiste à travailler avec les élus sur leurs projets, les prendre en compte, susciter des discussions et réflexions. Et enfin, une troisième phase consiste à proposer un premier élément de réponse en l'intégrant dans le modèle et en interagissant sur le modèle en réunion avec les élus.

Évaluation utilisation table collaborative (prise en main juillet 2013)

Après une phase initiale de débogage de la solution *Meetiim*, les utilisateurs de l'Archéopole ont fait remonter aux ingénieurs d'Immersion plusieurs demandes d'améliorations immédiates de l'interface. Ainsi ces échanges ont permis d'affiner l'intuitivité des points d'interaction et la logique d'enchaînement des fonctionnalités au regard des besoins du CAUE. Finalement, la solution a été validée par les principaux utilisateurs du projet dans un contexte de travail collaboratif, mais également lors de séance publique scolaire dans l'Odéon. Il est apparu immédiatement que les collégiens et lycéens n'avaient aucun problème pour appréhender ce genre d'outil.

Au-delà de l'évaluation de l'existant, les échanges entre utilisateurs et ingénieurs ont également abouti à l'élaboration de pistes à venir pour l'évolution de l'outil. Ainsi la capacité de séances collaboratives sur des tables distantes est apparue comme le prochain jalon de développement à mettre en

œuvre pour enrichir la solution *Meetiiim*. De la même façon, le format d'affichage vertical est apparu pertinent face à un public plus nombreux. En effet le format horizontal a comme principal inconvénient de présenter les fichiers dans toutes les directions, ce qui enlève beaucoup au confort de lecture. Ainsi alors que l'affichage horizontal autorise les échanges lors des séances collaboratives, dans une optique de présentation au public, la mise en place d'un complément vertical est souhaitable.

En conclusion, le potentiel des systèmes collaboratifs et de la table en particulier est indéniable même si la difficulté dans le contexte SHS est essentiellement la prise en main de l'outil. En effet, en étant mobiles, les protocoles de travail en

SHS compliquent un peu l'intégration de l'outil. Cependant l'introduction de la table dans le paysage SHS oblige à borner les séances (ordre du jour, durées, ressources disponibles, ressources utiles ...). C'est-à-dire que la table collaborative induit et structure une méthodologie du travail d'équipe.

À travers ce travail d'évaluation, l'Unité Mixte de Service SHS 3D 3657 est ainsi tout à fait dans ses missions exploratoires pour aider les communautés SHS à s'appropriier ces outils dont les interfaces seront à n'en pas douter de plus en plus intuitives. Pour la communauté SHS une réflexion sur les acteurs, les matériels et les flux qui composent les situations collaboratives peut aussi être un moyen de stabiliser ces méthodes.

