
Aspectus : développement d'une plateforme collaborative en ligne d'analyse des données 3D pour l'archéologie et le patrimoine

Aspectus: a flexible collaborative tool for 3D data exploitation in the field of archaeology and cultural heritage

Matthieu Thivet, Quentin Verriez et Damien Vurpillot



Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/insitu/21934>

DOI : 10.4000/insitu.21934

ISSN : 1630-7305

Éditeur

Ministère de la Culture

Référence électronique

Matthieu Thivet, Quentin Verriez et Damien Vurpillot, « *Aspectus* : développement d'une plateforme collaborative en ligne d'analyse des données 3D pour l'archéologie et le patrimoine », *In Situ* [En ligne], 39 | 2019, mis en ligne le 29 mai 2019, consulté le 11 juillet 2019. URL : <http://journals.openedition.org/insitu/21934> ; DOI : 10.4000/insitu.21934

Ce document a été généré automatiquement le 11 juillet 2019.



In Situ Revues des patrimoines est mis à disposition selon les termes de la licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 4.0 International.

Aspectus : développement d'une plateforme collaborative en ligne d'analyse des données 3D pour l'archéologie et le patrimoine

Aspectus: a flexible collaborative tool for 3D data exploitation in the field of archaeology and cultural heritage

Matthieu Thivet, Quentin Verriez et Damien Vurpillot

Introduction

- 1 L'usage de la 3D par les acteurs de l'archéologie et du patrimoine est une pratique qui s'inscrit sur le long terme au travers d'initiatives remarquables amorcées en France dès la fin des années 1980, notamment dans le cadre des travaux menés par Robert Vergniew et Jean-Claude Golvin sur les temples de Karnak en Égypte. Près de trente ans plus tard, le récent article de R. Vergniew et François Giligny¹ à propos de l'utilisation de la 3D en archéologie fait le point sur la situation et confirme que ces pratiques se diffusent et s'imposent progressivement à toute la profession. Dans cet article, nous avons fait le choix de nous concentrer sur les aspects techniques liés à l'exploitation de ces données plutôt que d'engager une réflexion épistémologique quant à l'utilisation de la 3D en archéologie.
- 2 La réelle innovation tient donc plus à une très forte accélération de l'usage de la 3D dans nos disciplines ces dernières années et ce, à l'échelle internationale². Une situation qui n'est pas étrangère au fait que les systèmes de mesure sont devenus beaucoup plus abordables, tant d'un point de vue financier que technique. En effet, on constate que l'utilisation de la photogrammétrie s'est généralisée et s'est même renforcée grâce à l'essor de l'usage de drones civils. Dans le même temps, les campagnes d'acquisition LiDAR³ se sont multipliées et il est devenu aisé de disposer de matériel spécialisé

(scanners laser terrestres ou scanners à lumière structurée). Chaque technologie a ses avantages (précision, vitesse d'acquisition, résolution, etc.) et dans ce contexte, l'utilisation combinée de plusieurs équipements devient la norme. On produit alors des données 3D complexes, multimodales et multiscalaires⁴. Si ce type d'information est devenu un support de recherche incontournable, le volume et la complexité des données 3D produites n'a de cesse d'augmenter, au point de constituer un paradoxe : ces données restent souvent inexploitées ou sous-exploitées car leur manipulation est devenue excessivement difficile et contraignante⁵.

- 3 Nous sommes confrontés à la démultiplication de jeux de données toujours plus volumineux, qui requièrent l'utilisation de logiciels spécialisés rarement intuitifs pour les non-spécialistes. Cette situation problématique transparait clairement dans le récent « White Paper »⁶ publié par l'infrastructure de recherche Parthenos⁷, en partenariat avec le consortium 3D-SHS d'HumaNum. Elle est aussi vivement ressentie sur le terrain, dans le cadre de nos projets et de ceux de nos partenaires.

Une pléthore d'outils spécialisés qui se révèlent rarement adaptés à nos besoins

- 4 Face à ce constat, il apparaît urgent de réduire le fossé qui sépare les techniciens des chercheurs en sciences humaines, pour que ces derniers soient capables de s'approprier ce nouveau flux d'information comme un support de recherche à part entière. Cette initiative implique de faciliter l'accès à des systèmes de visualisation pour des données 3D complexes et de les enrichir avec des outils de mesure, d'analyse et d'annotation.

Supports de visualisation

- 5 En ce qui concerne les supports de visualisation, on tend à prendre du recul vis-à-vis des logiciels spécialisés pour se tourner vers des solutions web plus pratiques et flexibles pour l'utilisateur (support multiplateforme, pas d'installation requise, mise à jour transparente, etc.). Cette option n'est véritablement viable que depuis la démocratisation de la technologie HTML5 et le développement du WebGL, tous deux formalisés fin 2014⁸. Le déploiement prochain du WebGL 2.0 vient confirmer une tendance forte illustrée par les nombreuses solutions de visualisation 3D en ligne commerciales (Sketchfab, Autodesk A360, ShareMy3D, etc.) ou non commerciales disponibles (Potree, 3DHop, etc.). On constate, d'une part, que ces projets se concentrent pour la plupart sur la visualisation de maillages 3D et, d'autre part, que ces modèles 3D sont « isolés ». En d'autres termes, on se contente d'afficher un ou plusieurs objets d'échelle équivalente qui, dans le meilleur des cas, sont liés à leur contexte ou à des collections par un système de métadonnées.

Supports d'interaction et de collaboration

- 6 Si on se tourne maintenant vers les interactions possibles avec les données 3D, l'annotation dynamique se révèle être le principal défi technique et méthodologique. Il s'agit de formaliser des systèmes d'annotation interopérables qui permettent au chercheur de s'approprier et d'enrichir les données 3D. De nombreuses initiatives ont vu le jour autour de cette thématique ces dernières années. Si on met de côté les projets anciens sous forme d'exécutables ou qui ne sont plus suivis (3D Semantic Annotation,

ShapeAnnotator, Project Arrigo, Hyper3D), les solutions fonctionnelles à jour sont peu nombreuses. 3DHop, réutilisé sur la plateforme Ariadne, et Sketchfab permettent d'intégrer de simples « *highlights* » sur les modèles 3D. Le logiciel Agata intègre quant à lui des outils d'annotation plus avancés, proches de ceux proposés aussi par le logiciel CHER-Ob. Enfin, le projet Aioli⁹, qui fait suite au projet Nubes, est sans doute le plus prometteur : l'annotation d'un média doit pouvoir se répercuter spatialement sur les médias connexes qui représentent le même objet. Toutefois, aucun de ces projets n'intègre une véritable dimension communautaire qui s'approcherait du fonctionnement de plateformes collaboratives en ligne telles Slack, Mattermost ou Microsoft Team.

Vers des solutions plus complètes ?

- 7 On ne peut toutefois pas ignorer certaines initiatives récentes qui visent à intégrer plusieurs de ces aspects dans une solution logicielle unique. Par exemple, nous pouvons citer le « MayaArch3D Project »¹⁰, le « Gabii Project »¹¹ ou encore le « Via Appia Project »¹². Toutes ces propositions ont en commun d'être développées spécifiquement dans le cadre d'un projet de recherche et d'être difficilement transposables à d'autres projets même si des efforts ont été faits dans ce sens dans le cas du « Via Appia Project ». De ce point de vue, le projet « Inception », développé avec le support de l'Union européenne, est sans doute la proposition la plus ambitieuse. Parmi ses principaux objectifs¹³, les concepteurs énoncent la volonté de développer une « *semantic web platform* », selon des standards open-source et un modèle interopérable qui permettrait d'accéder, analyser et partager des données 3D. En l'état, peu d'éléments concrets nous sont parvenus depuis la première série de présentations proposées en 2016. En nous écartant un peu de l'archéologie et du patrimoine, on constate que le secteur industriel (construction, planification urbaine, aménagement du territoire) est en avance en termes de développement d'outils relativement analogues. Les solutions se sont multipliées en 2017, à l'initiative de grands acteurs du logiciel comme Matterport ou d'acteurs plus modestes tels Reconstruct, 3DUserNet ou Solv3d. En revanche, *a priori* aucun de ces outils ne peut être déployé sur sa propre infrastructure et les données sont hébergées chez les prestataires.

Présentation du projet Aspectus

Cadre théorique

- 8 Vitruve introduit le concept de *decorum*, l'un des principes fondamentaux de l'architecture, en affirmant que chaque monument est porteur de sens et que la signification qu'il véhicule doit être perceptible immédiatement au travers de son apparence et de sa localisation¹⁴. Dans cette perspective, il met en avant le concept d'*aspectus operis*, littéralement l'impact visuel d'un monument. « Aspectus » nous semblait donc un choix judicieux pour nommer notre projet de développement d'un outil de visualisation de données 3D dans la perspective de dégager la signification d'un objet, de l'analyser, puis, par extension, d'enrichir ce contenu de nouvelles informations issues d'un travail d'interprétation des données. Aspectus est une plateforme collaborative en ligne, accessible sur l'ensemble des supports numériques, qui permet de visualiser, d'interagir et d'échanger autour de données 3D spatialisées destinées aux acteurs de l'archéologie et du patrimoine.

- 9 Le projet a été mis en chantier en 2015 afin de faire face à des besoins numériques émergents qui se sont manifestés lors des recherches archéologiques menées sur le quartier monumental de la Genetoye à Autun (Saône-et-Loire)¹⁵, chef-lieu de la *civitas* des Éduens. Il s'agit d'un site archéologique de première importance pour lequel, jusqu'à récemment, plusieurs opérations avaient lieu chaque année (fouilles programmées et préventives) en parallèle à des campagnes de prospection (LiDAR, géophysique, etc.).

Figure 1

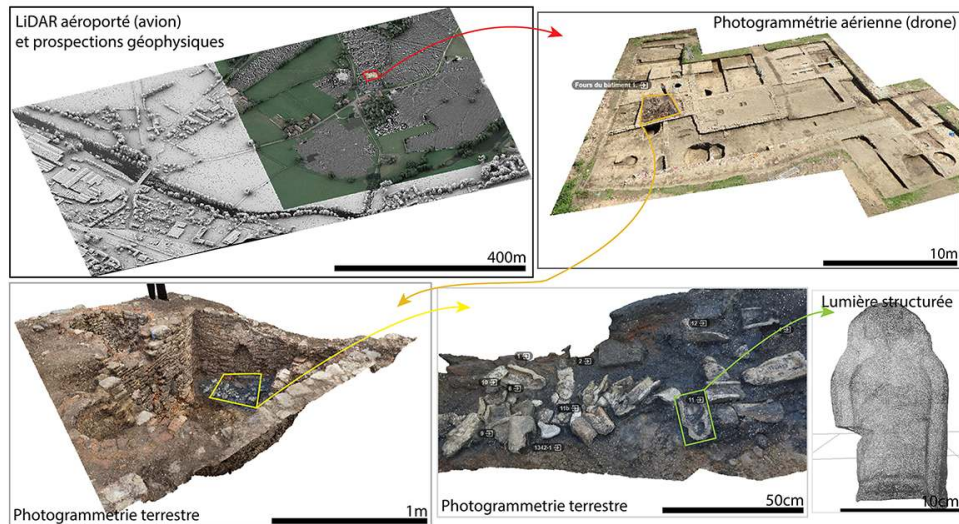
Paysage	Grand site	Site moyen à petit	Bâtiment, grande structure	Structure	Objet	
LIDAR aéroporté (avion, hélicoptère)						Surface
LIDAR aéroporté (drone)						
	Scanner laser terrestre					Souterrain
Photogrammétrie aérienne (haute-altitude)						
	Photogrammétrie aérienne (basse-altitude/drone)					
				Photogrammétrie terrestre		
					Lumière structurée/Laser	
		Radar (GPR)				

Diagramme présentant différentes technologies d'enregistrement et de mesure non destructives en fonction de l'échelle du sujet ciblé.

DAO Damien Vurpillot. © Projet Aspectus, MSHE C.N. Ledoux, 2017.

- 10 Cette activité intense génère évidemment une quantité considérable d'informations numériques hétérogènes (**fig. 1**) en termes d'échelle, du paysage à l'objet, et de moyens d'acquisition : relevés laser, photogrammétrie, lumière structurée et campagnes de prospections géophysiques par exemple. Notre objectif initial était donc de proposer un support de visualisation 3D du quartier monumental (**fig. 2**) sous la forme d'un outil en ligne qui permette aux chercheurs et au public d'accéder à un aperçu global des données disponibles. Ce premier « *proof of concept* » a rapidement révélé ses limites dès que de nouveaux besoins sont apparus, notamment en ce qui concerne le développement d'outils pour interagir, annoter et collaborer autour des données 3D. Compte tenu des impératifs techniques liés à la gestion de données hétérogènes et des demandes en termes d'outils d'analyse et d'interprétation, il semble qu'aucun programme actuellement disponible n'offre une gamme de fonctionnalités suffisamment étendue pour répondre à toutes nos attentes. Dans ce contexte, l'équipe de recherche a donc décidé d'engager le développement d'une application dédiée : Aspectus.

Figure 2



Extrait de l'application web développée pour le quartier de la Genetoye à Autun. DAO Damien Vurpillot. Développement Damien Vurpillot et Matthieu Thivet, d'après des données du PCR Autun © Projet Aspectus, MSHE C.N. Ledoux, 2017.

- 11 Nous avons immédiatement défini un certain nombre d'objectifs structurants pour le projet :
- 12 - L'accessibilité est un point crucial d'Aspectus. D'un point de vue technique, il s'agit de proposer une application qui s'affranchisse en grande partie des contraintes de système d'exploitation, de formats de données et de la maîtrise avancée des outils informatiques. Dans cette perspective, nous avons fait le choix de déployer une plateforme en ligne accessible par le navigateur avec une gestion des données en amont, lors de l'intégration du projet de recherche dans un entrepôt de données. Par extension, d'un point de vue pratique, les fonctions de base de l'application doivent être suffisamment simples à utiliser et viser à établir des « passerelles conceptuelles » avec les habitudes de travail des professionnels de l'archéologie et du patrimoine.
- 13 - La préservation du contexte de l'information est un second élément majeur. Dès l'origine, nous avons émis l'idée d'une structure relationnelle de l'information ancrée dans une approche spatiale. La spatialisation de l'information permet de produire un modèle hiérarchique dynamique et flexible grâce à laquelle on peut ajouter, modifier ou soustraire des jeux de données sans altérer l'intégralité de la structure. Il est aussi possible de maintenir la résolution native des jeux de données en nous appuyant sur des optimisations par « niveaux de détail »¹⁶ (LOD) particulièrement adaptées à l'affichage progressif de données complexes sur le web. Toutefois, les utilisateurs peuvent rapidement être accablés par le volume d'informations qu'implique une telle approche. Pour pallier ce problème, nous intégrons ce qu'il convient d'appeler un « mode isolation ». Il s'agit pour l'utilisateur de pouvoir isoler un jeu de données, masquer temporairement son contexte afin de l'étudier en détail. Enfin, pour les données dont l'ancrage spatial est flou ou inconnu, des relations rigides seront créées avec le jeu de données spatialisé le plus pertinent pour les contenir.
- 14 - La spatialisation de l'information est donc la pierre angulaire sur laquelle repose le bon fonctionnement du système. L'approche est avantageuse dans le sens où il est possible

d'enrichir le contenu 3D avec tout type de données géoréférencées (Raster et vecteurs) pour aboutir à un outil qui se rapproche des BIM¹⁷, voire des HBIM¹⁸. À l'inverse, si le géoréférencement des données est devenu presque systématique en archéologie, ce n'est pas le cas de tous les corps de métiers impliqués dans les projets patrimoniaux et cette situation pourrait se révéler un frein à l'utilisation d'Aspectus pour certains projets de recherche.

- 15 - La collaboration apparaît comme un développement naturel de l'application. Elle répond au souhait initial de faciliter l'accès à des données complexes et de donner les moyens aux utilisateurs de visualiser et d'interagir avec l'information. De nouveau, nous mettons en avant une réflexion poussée sur l'interface et les mécanismes d'interaction car la réussite d'une plateforme collaborative repose sur le dynamisme des utilisateurs et leur volonté de l'utiliser. Dans ce contexte, ils doivent bénéficier d'outils génériques (mesures, etc.), d'outils spécialisés adaptés aux problématiques de recherche mais aussi d'outils de communication (annotations 3D, salons de discussion, etc.).
- 16 - La flexibilité est le dernier élément sur lequel nous insisterons. Dès la phase de conception, nous avons souhaité qu'Aspectus soit transposable à des projets autres que le projet porteur, Bibracte numérique. Le développement vise la production d'un support de visualisation 3D en ligne auquel est intégré une série d'outils génériques, et associé à une surcouche collaborative épaulée par un ensemble de fonctionnalités basiques. À partir de ce noyau fonctionnel, des outils et des fonctionnalités supplémentaires sont intégrés en fonction des besoins du projet pour lequel Aspectus est déployé. Une fois que l'application est complète, nous prenons le chemin inverse afin d'adapter les outils et les fonctionnalités aux différents groupes d'utilisateurs : de l'expert au grand public. La flexibilité intervient aussi dès la phase d'intégration des données avec la définition d'un processus qui soit capable d'utiliser des données existantes et hétérogènes mais aussi de s'insérer dans un protocole de gestion des données numériques tel que celui développé dans le cadre de Bibracte numérique.

Mise en œuvre technique

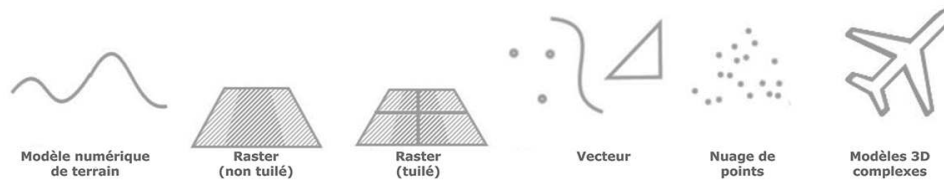
- 17 Pour remplir ce dense cahier des charges, nous avons scindé le développement en trois tâches principales : gestion des données, visualisation des données et enrichissement des données. Notre première décision fut de nous tourner vers l'utilisation de solutions open-source existantes, des blocs applicatifs, susceptibles d'être personnalisées et améliorées pour répondre à nos besoins. Plusieurs raisons ont motivé ce choix : nous ne sommes pas des développeurs professionnels et nous ne pouvons pas nous consacrer à temps plein à cette tâche ; de plus, la réussite du projet repose sur notre capacité à tirer profit de l'évolution rapide de technologies web pour lesquelles nous ne pouvons pas assurer une veille technologique permanente suivie d'une prompte intégration. L'offre en blocs applicatifs est très riche et il est possible de précautionneusement les lier entre eux afin d'aboutir à une application complète tout en accélérant le processus de développement par rapport à une création *ex-nihilo* qui reviendrait bien souvent à répliquer ce qui existe déjà.

Visualisation des données

- 18 Nos efforts se sont jusqu'à présent concentrés essentiellement sur le support de visualisation en ligne et sur notre capacité à afficher de façon efficiente des données 3D

spatialisées et multirésolution. À ce titre, notre principal bloc applicatif est la bibliothèque JavaScript CesiumJS¹⁹. Il utilise les standards HTML5 et WebGL avec les avantages que cela implique au niveau des rendus 3D affichés directement dans le navigateur.

Figure 3



Représentation des différents types de données gérées par CesiumJS.

DAO Damien Vurpillot. © Projet Aspectus, MSHE C.N. Ledoux, 2017.

- 19 Il gère aussi nativement une grande variété de données spatialisées (**fig. 3**) auxquelles on peut associer des paramètres dynamiques (séries temporelles, temps réel, etc.). L'affichage de jeux de données hétérogènes massifs est au cœur du développement de cette librairie et un soin particulier a été porté à l'optimisation et aux performances, notamment par l'implémentation de plusieurs algorithmes pour la gestion de multiples niveaux de détail (*level of detail*, LOD) régis par un mécanisme de « *screen-space error* »²⁰. Son succès²¹ lui assure un développement très actif et une communauté d'utilisateurs de taille considérable. La visualisation des données dans Aspectus débute par une instance CesiumJS intitulée le « Hub » (plateforme). Il s'agit, comme son nom l'indique, du point d'entrée qui affiche tout ou partie des données sur un globe 3D qui correspond au contexte spatial le plus large. Selon le projet intégré, la densité d'objets 3D et d'informations affichées est filtrée passivement en fonction de la position du point de vue grâce aux systèmes de LOD et est également filtrée activement grâce à des menus dédiés. L'objectif du Hub est véritablement d'offrir un aperçu global de la situation et des jeux de données disponibles, dont le contenu peut être prévisualisé en cliquant sur un objet. Il n'est pas prévu d'offrir la possibilité de réaliser des analyses spatiales 3D avancées à cette étape. En effet, la quantité de ressources nécessaires pour mener à bien ce genre de calculs va à l'encontre de la philosophie du projet et de son caractère multiplateforme : dans une mesure raisonnable, la puissance du matériel ne doit pas être un facteur limitant pour effectuer une tâche avec un outil de l'application.
- 20 Depuis le Hub, deux modes d'isolation sont accessibles afin de rendre la manipulation des données plus pratique. Le premier prend la forme d'une seconde instance CesiumJS dont l'objectif est de proposer une représentation fidèle des sites et des vestiges avec une approche temporelle. Cette vue associe des modèles 3D à haute résolution optimisés pour un affichage en ligne (gTTF 2.0 avec LOD) à des objets plus schématiques ayant une dimension temporelle pour percevoir des évolutions (succession des couches archéologiques, dégradations, etc.) que l'on fait défiler à l'aide d'un curseur. Le second mode d'isolation s'appuie de nouveau sur une bibliothèque JavaScript, Potree²², qui facilite la visualisation de nuages de points très denses. Cette seconde vue offre une approche qui se veut métrologique dans le sens où le nuage de points est le produit dérivé brut courant de la plupart des acquisitions 3D : à une mesure correspond un point dans l'espace. De fait, le nuage de points et les mesures qu'on peut effectuer ont une précision et une justesse égales à celles de l'acquisition elle-même (hors traitement). À l'inverse,

dans la plupart des cas, un modèle 3D n'est qu'une reconstruction approximative d'une surface basée sur un sous-ensemble de points (vertex) réels ou interpolés. On comprend donc tout l'intérêt de réserver les outils métrologiques à cette vue.

Gestion des données

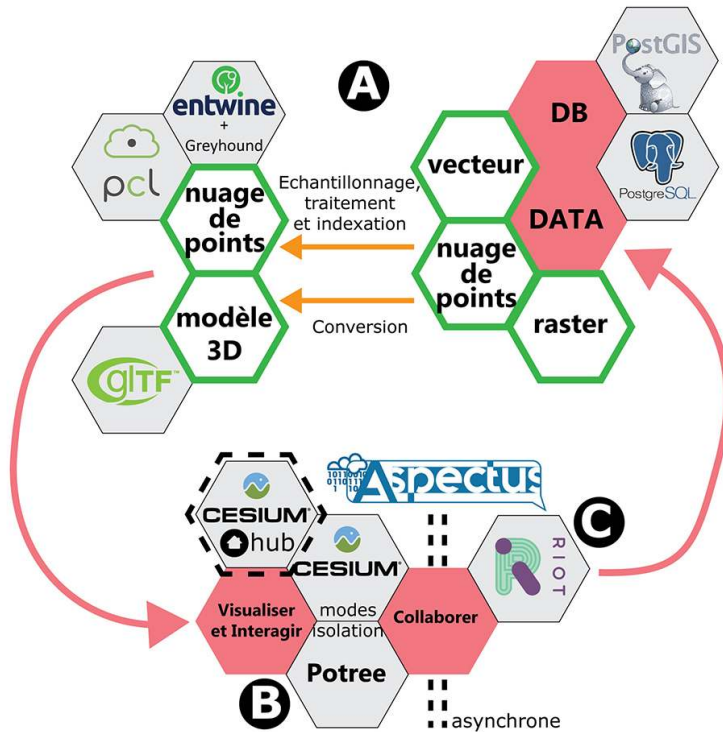
- 21 Les contraintes liées à la gestion des données sont pour la plupart héritées de l'utilisation conjointe de CesiumJS et Potree. Les données vectorielles peuvent être converties aux formats JSON, CZML²³ voire transformées en 3DTiles²⁴ lorsqu'il s'agit de représenter de grandes quantités de vecteurs extrapolés en 3D. Les nuages de points peuvent subir différentes conversions selon les situations. S'agissant de jeux de données petits à moyens, on privilégiera le format LAZ²⁵ pour Potree et le format PNT²⁶ transformé en 3DTiles pour CesiumJS. Face à des jeux de données de plusieurs milliards de points, une indexation spécifique est nécessaire via la bibliothèque Entwine, ainsi que l'utilisation d'un serveur auxiliaire²⁷ pour décharger en partie le poids des requêtes spatiales côté client. Enfin, les modèles 3D sont convertis au format glTF 2.0. Ce standard est présenté comme le « JPEG de la 3D » par le consortium Khronos Group²⁸. Un modèle glTF est constitué d'un fichier JSON (hiérarchie des vertex, caméras, matériels), de fichiers binaires (géométrie, animation) et de fichiers JPEG ou PNG (textures). Nous nous tournons volontairement vers des formats open-source mais le travail requis en amont pour intégrer les données, anciennes et nouvelles, varie considérablement selon les projets, en fonction des méthodes de travail, de la rigueur des enregistrements et surtout de leur conversion dans un format numérique. De ce point de vue, l'intégration des données archéologiques se révèle un défi intéressant pour homogénéiser et rendre interopérables, au sein d'un entrepôt de données intermédiaire, des bases de données hétérogènes.

Enrichissement des données

- 22 L'enrichissement des données est issu d'un processus d'analyse lié à l'interaction avec les données et à l'utilisation des outils puis, dans un second temps, d'un processus d'interprétation et d'échange qui passera par la plateforme collaborative (annotations, groupes de discussion, partage, etc.). Dans ce domaine, le parti pris est de compartimenter les données d'origine intégrées au système de visualisation et les données utilisateurs produites grâce à la partie collaborative. Ces dernières seront affichées comme une nouvelle couche d'information distincte. Cette approche asynchrone, outre ses avantages en termes de performances, permet d'isoler les données d'origine et d'assurer une forme de stabilité des données. La compartimentation sera en pratique imperceptible pour l'utilisateur car nous nous reposons une nouvelle fois sur les informations spatiales pour garantir les relations entre différents types de données. Par ailleurs, la capacité d'exporter les données produites par les utilisateurs au format JSON assure une forme d'interopérabilité et il est envisageable que les travaux les plus pertinents puissent être ensuite intégrés aux données sources par les gestionnaires du projet. La surcouche collaborative est basée sur Riot.IM²⁹, un bloc applicatif open-source et multiplateforme accessible par le navigateur. Riot.IM offre deux avantages cruciaux par rapport à ses concurrents directs : entièrement gratuit, il peut être hébergé en propre³⁰ et il repose sur la norme open-source Matrix pour la gestion des échanges. Matrix met en avant la multiplication des passerelles vers d'autres réseaux de communication (Slack, Gitter, IRC, Twitter, etc.) ainsi qu'un cryptage de bout en bout³¹ (e2e ou End-to-end

Encryption). Pour l'instant, l'enrichissement des données est sans doute la tâche la moins avancée en termes de développement. Néanmoins, après ce rapide tour d'horizon du projet (fig. 4), tant d'un point de vue théorique que technique, nous sommes confiants dans notre capacité à le mener à bien dans les mois à venir, en particulier grâce au soutien apporté par le projet Bibracte numérique.

Figure 4



Modèle applicatif du projet Aspectus avec a) gestion et intégration des données, b) visualisation des données et c) enrichissement des données.

DAO Damien Vurpillot. © Projet Aspectus, MSHE C.N. Ledoux, 2017.

Cas d'étude : Bibracte numérique

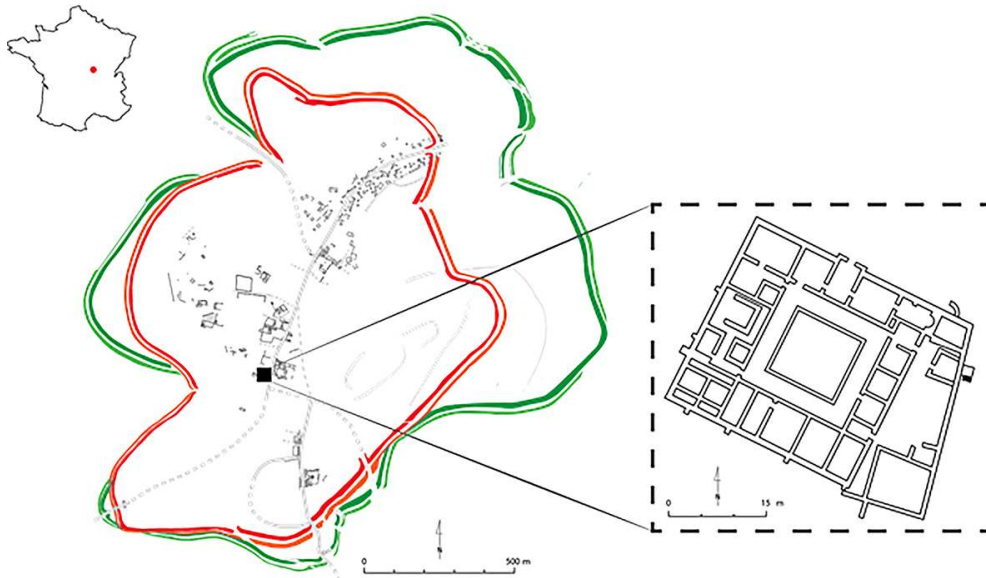
Présentation de Bibracte numérique et du chantier pilote PC2

- 23 L'*oppidum* de Bibracte, capitale du peuple gaulois éduen au 1^{er} siècle avant notre ère, se situe aujourd'hui au sommet du mont Beuvray, en Bourgogne. Depuis plus de trente ans, ce lieu est associé au Centre archéologique européen de Bibracte, qui regroupe un site archéologique (Grand Site de France), un musée (Musée de France) et un centre de recherche accueillant plusieurs équipes internationales chaque année. Fouillé depuis la fin du XIX^e siècle, le site s'illustre aujourd'hui par une concentration importante de données archéologiques de qualité. Ces données, produites par les multiples missions scientifiques, culturelles et touristiques accueillies sur place, font de Bibracte un lieu riche et complexe, où se côtoient de nombreux acteurs de la communauté archéologique européenne. Au cours de l'année 2017, Bibracte s'est attaché à mettre en place un nouveau programme d'équipement numérique et de développement d'outils numériques

qui concerne différents métiers et des catégories d'usagers très variées (archéologues, étudiants, chercheurs et grand public) : Bibracte numérique (BibNum). Ce projet s'inscrit dans une perspective d'approche intégrée, d'expérimentation et de partage d'expériences avec d'autres acteurs de l'archéologie. Il est conduit en concertation avec différents représentants de la communauté archéologique d'ores et déjà réunis dans un comité de pilotage³². BibNum a plus précisément pour ambition de développer un écosystème archéologique numérique, c'est-à-dire un terrain d'expérimentation et d'apprentissage des nouvelles pratiques du numérique dans les différents champs d'activité couverts par le site : archéologie, muséographie, éducation et tourisme, et ce afin de faciliter la rencontre, la communication, l'échange et la transmission entre les acteurs, internes mais également externes, qui fréquentent le site de Bibracte.

- 24 Dans cette ambition, BibNum s'articule autour de quatre grands objectifs :
- 25 1 - Diffuser la connaissance par une médiation archéologique en s'appuyant sur le potentiel du numérique.
- 26 2 - Développer l'équipement numérique des chantiers de fouille au bénéfice des archéologues et des visiteurs.
- 27 3 - Construire une chaîne de production de la connaissance archéologique qui s'appuie sur le potentiel du numérique et organiser la connaissance pour une diffusion auprès des différents publics.
- 28 4 - Mettre en place une infrastructure numérique adaptée.
- 29 Ce projet ambitieux n'a pas pour vocation de développer de nouveaux outils mais vise plutôt à mutualiser les compétences et expériences de l'ensemble des partenaires afin de répondre à chacun des objectifs. Dans cette optique, l'association d'Aspectus au projet BibNum a permis la mise à disposition d'un terrain d'application pour la plateforme au travers du chantier de la *domus* PC2. Cette habitation urbaine de tradition romaine de 1 500 m², située au cœur de l'agglomération gauloise et datée de la dernière période d'occupation du site³³ a en effet été sélectionnée comme chantier-pilote pour les expérimentations sur le site archéologique (**fig. 5**). Les vestiges mis au jour sont particulièrement bien conservés. Dans certains endroits, nous pouvons observer jusqu'à quatre mètres de maçonnerie. De plus, l'équipe de fouilles est quelque peu inhabituelle puisqu'elle est composée d'adolescents venus apprendre les méthodes de l'archéologie de terrain, sous la supervision de professionnels. Ainsi, de par sa nature de chantier-école, la fouille de PC2 doit être extrêmement didactique et maintenir un niveau d'enregistrement des informations d'une qualité exemplaire. L'excellente conservation des vestiges associés à la fouille méticuleuse de la *domus* PC2 constitue un terrain d'essai idéal pour la mise en place d'un « site archéologique connecté », avec la possibilité d'expérimenter de nouveaux protocoles et technologies *in situ*.

Figure 5



Localisation de l'oppidum de Bibracte et de la *domus* PC2 au sein de l'agglomération.

DAO Quentin Verriez. © Bibracte EPCC, 2017.

- 30 La campagne 2017 s'est concentrée sur la portion nord-est du bâtiment, couvrant environ 400 m². Nous avons expérimenté plusieurs approches innovantes lors de cette campagne mais une seule est directement liée à Aspectus : un protocole d'enregistrement photogrammétrique systématique. En d'autres termes, tout au long de la fouille, nous avons réalisé un enregistrement numérique complet de chaque couche archéologique mise au jour. Grâce aux nombreuses acquisitions, nous avons produit des orthophotographies, mais également des modèles 3D qui, une fois assemblés, recomposent la totalité de la stratigraphie explorée lors de cette campagne. L'équipement employé (**fig. 6**) a été choisi en fonction de la superficie de la zone à enregistrer : un appareil photo Reflex numérique pour les zones les plus restreintes, le même appareil sur une perche avec déclencheur à distance pour les grandes surfaces et un drone pour les acquisitions à l'échelle du site.

Figure 6

	Appareil photo numérique (type Reflex)	Drone
Modèle	Canon EOS 6D	Dji Phantom 4 pro
Taille du capteur	Full Frame (24 x 36 mm)	1" (8,8 x 13,2 mm)
Nombre de pixels	20,2M	20M
Résolution	5472 x 3648	5472 x 3648
Focale	35 mm	9 mm (35 mm équivalent = 24 mm)
Plage d'ouverture	f/3,5 - f/4,5	f/4,5 - f/7,1
Plage de vitesse d'obturation	1/60 - 1/150	1/160 - 1/200
Plage de sensibilité ISO	200 - 400	200 - 400
Format de fichier exporté	JPEG - DNG (RAW)	JPEG - DNG (RAW)

Caractéristiques des capteurs utilisés pour les acquisitions photogrammétriques sur le chantier de la *domus* PC2 en 2017.

DAO Quentin Verriez. © Bibracte EPCC, 2017.

- 31 En ce qui concerne le taux de recouvrement minimum requis entre les images, un paramètre essentiel pour traiter les données photogrammétriques, notre approche se veut empirique avec l'appareil photo Reflex en maintenant environ 70 % de taux de recouvrement. Pour les acquisitions aériennes, en fonction du plan de vol du drone, le nombre de clichés enregistrés était automatiquement défini via une application propriétaire appelée DJI GS PRO³⁴ avec pour objectif d'atteindre également un taux de recouvrement systématique de 70 %. Le traitement photogrammétrique des images numériques a été réalisé avec Agisoft PhotoScan³⁵ 1.2 afin d'obtenir, autant que possible, une résolution constante de 1 mm/pixel pour l'orthophotographie et la production des modèles 3D. Au final, l'ensemble des données comprend 42 campagnes d'acquisition pour un total de 92 Gigaoctets de données (images, traitement et résultats). Ces données brutes, associées aux informations contextuelles disponibles, ont fourni un corpus complet et représentatif d'une campagne de fouilles archéologiques, idéale pour développer un premier test avec Aspectus.

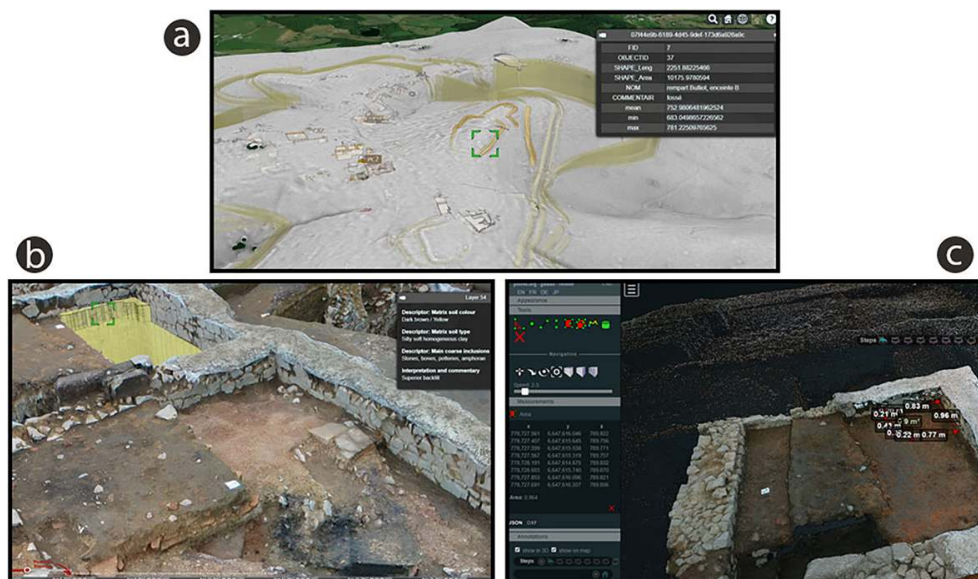
Intégration des données et performances

- 32 Le cas d'étude se révélait donc idéal pour mettre à l'essai le premier prototype d'Aspectus sous forme de démonstrateur. En effet, les jeux de données « anciens » étaient particulièrement hétérogènes en termes de formats, de qualité et de contenu, et devaient fonctionner de concert avec de nouvelles acquisitions très denses pensées dès l'origine pour une intégration aisée. Dans cette perspective, nos objectifs étaient simples : évaluer

la robustesse de notre support de visualisation 3D et estimer la charge de travail nécessaire pour intégrer de façon rigoureuse des jeux de données pour l'essentiel non optimisés pour notre protocole. Pour ce faire, nous avons mobilisé d'anciennes acquisitions LiDAR sous forme de nuages de points et de produits dérivés type Raster (ombrage, sky view factor, etc.), divers jeux de données géoréférencés (vecteurs) qui correspondent au total des découvertes depuis la fin du XIX^e siècle, aux interprétations et à des enregistrements plus précis des fouilles récentes, ainsi que les enregistrements systématiques en photogrammétrie des étapes de fouille de PC2. À terme, Aspectus devra être incorporé à une chaîne complète de traitement des données numériques qui facilitera grandement le travail d'intégration.

- 33 Pour ce premier prototype, le Hub permettait de visualiser sur le globe un modèle 3D multirésolution du LiDAR drapé avec de l'imagerie aérienne ou de l'imagerie dérivée. Il servait de support pour afficher les données géoréférencées extrudées en 3D avec leurs informations contextuelles. Enfin, un modèle 3D multirésolution de la fouille PC2 était juxtaposé aux données de fouilles anciennes (**fig. 7-a**). Il était ensuite possible d'accéder au mode isolation pour PC2, soit au travers de l'instance CesiumJS qui permettait de faire défiler les étapes de fouille d'un secteur grâce au curseur dédié (**fig. 7-b**), soit au travers de l'instance Potree dans une perspective métrologique, en conservant toujours un aperçu des étapes de fouille (**fig. 7-c**).

Figure 7



Extrait des différentes instances d'Aspectus avec a) le Hub, b) le mode isolation avec CesiumJS et c) le mode isolation avec Potree et les outils métrologiques.

DAO Damien Vurpillot. © Projet Aspectus, Bibracte EPCC, 2017.

- 34 En ce qui concerne la gestion et l'intégration des données, des progrès considérables sont encore possibles. Contre toute attente, les jeux de données de type vecteur, pour la plupart d'anciens Shapefiles (SHP), se sont révélés les plus difficiles à intégrer. Convertir un SHP de mauvaise qualité en un JSON dont la structure est cohérente vis-à-vis des informations de géométrie, d'apparence et d'attributs peut prendre un temps considérable. Dans ce cas précis, les attributs étaient directement encodés dans les fichiers JSON, en l'absence d'une nouvelle base de données disponible au moment de la

réalisation du projet. Nous avons donc dû nous tourner vers des procédures semi-automatiques pour faire face à ce genre de situations. À l'inverse, dans certains cas, les données n'étaient pas en cause mais bien les outils de conversion propres à CesiumJS : la production de 3DTiles ainsi que de terrains multirésolution reste une gageure technique avec des outils encore en cours de développement. Si nous avons prévu un déséquilibre de charge de travail entre intégration de données optimisées et non optimisées, la magnitude de ce déséquilibre a dépassé nos estimations.

- 35 L'audit du support de visualisation 3D avec les outils de développement du navigateur Chrome a également prouvé que les performances pouvaient être encore largement améliorées. On pense évidemment à la mise en œuvre des règles de bonne pratique les plus courantes vis-à-vis de la gestion du code et des fichiers (minification, entre autres). Au surplus, nous avons constaté les limites de l'utilisation de fichiers JSON non optimisés comme supports pour la représentation en 3D de nombreuses couches spatialisées très denses en vecteurs. Ce problème peut être en grande partie contourné en faisant usage du format VCTR lié aux 3DTiles ainsi qu'en déchargeant les tables attributaires sur une base de données³⁶. Plus globalement, ce constat soulève de nouveau la problématique liée à l'intégration des données et à la nécessité d'ajouter une étape d'optimisation systématique en fin de processus.

Conclusion

- 36 La place croissante des données numériques dans les recherches portant sur l'archéologie et le patrimoine nous oblige à élaborer de nouvelles stratégies pour gérer, intégrer et disséminer un volume exponentiel d'informations complexes, souvent 3D, auprès d'utilisateurs aux attentes et aux compétences variées. Pour l'instant, l'offre applicative pour nos disciplines accuse un certain retard et est caractérisée par une forte segmentation fonctionnelle par rapport aux produits développés pour le secteur industriel ces dernières années. Face à ce constat, nous avons décidé de développer Aspectus pour répondre à des besoins sur nos propres projets qui font aussi écho aux attentes de nos collègues, comme nous avons pu le constater lors de divers événements. Il y a une réelle demande pour un outil complet, à la fois plateforme collaborative en ligne, accessible sur l'ensemble des supports numériques, et interface de visualisation et d'interaction autour de données 3D complexes. Avec le soutien de Bibracte numérique, nous espérons obtenir les moyens de développer une application à même de satisfaire ces attentes.

BIBLIOGRAPHIE

ALLIEZ, Pierre, BERGEROT, Laurent, BERNARD, Jean-François, BOUST, Clotilde, BRUSEKER, George, CARBONI, Nicola, CHAYANI, Mehdi, *et al.* « Digital 3D Objects in Art and Humanities: challenges of creation, interoperability and preservation. White paper ». *Digital 3D Objects in Art and Humanities: challenges of creation, interoperability and preservation*, 2017, 71 p.

- BARAZETTI, Luigi, BANFI, Fabrizio & BRUMANA, Raffaella. « Historic BIM in the Cloud ». In IOANNIDES, Marinos, FINK, Eleanor, MOROPOULOU, Antonia, *et al.* (eds.). *Digital Heritage. Progress in Cultural Heritage: Documentation, Preservation, and Protection - Proceedings of the 6th International Conference, EuroMed 2016, Nicosia, Cyprus, October 31 - November, 2016*, volume I, p. 104-115.
- COZZI, Patrick, & RING, Kevin. *3D engine design for virtual globes*, 2011, 520 p.
- DWORAK, Daniel & KUROCZYNSKI, Piotr. « Virtual Reconstruction 3.0: New Approach of Web-based Visualisation and Documentation of Lost Cultural Heritage ». *Euro-Mediterranean Conference*, 2016, p. 292-306.
- FORTE, Maurizio. « 3D archaeology: new perspectives and challenges - the example of Çatalhöyük ». *Journal of Eastern Mediterranean Archaeology & Heritage Studies*, 2014, n°2, fascicule 1, p. 1-29.
- GORDON, Jody, AVERETT, Erin & COUNTS, Derek. « 0.2. Mobile Computing in Archaeology: Exploring and Interpreting Current Practices » In GORDON, Jody, AVERETT, Erin & COUNTS, Derek (eds.). *Mobilizing the past for a digital future: the potential of digital archaeology*, 2016, p. 1-30.
- HESS, Michael, PETROVIC, Vid, MEYER, Dominique, RISSOLO, Dominique et KUESTER, Falko. « Fusion of multimodal three-dimensional data for comprehensive digital documentation of cultural heritage sites ». *Digital Heritage*, 2015, vol. 2, p. 595-602.
- HODGSON, Matthew. *Encrypting Matrix Building a universal end-to-end encrypted communication ecosystem with Matrix and Olm. (FOSDEM 2017)* [document électronique] Bruxelles, 2017. <https://matrix.org/blog/wp-content/uploads/2017/02/2017-02-03.1-FOSDEM-Encrypting-Matrix.pdf> [date de consultation 05/01/2018].
- ISENBURG, Martin. « Laszip ». *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 2013, 79(2), p. 209-217.
- LABAUNE, Yannick (dir.), BARRAL, Philippe, FERREIRA, Filipe, GOUBIN, Yann, GLAUS, Matthias, JOLY, Martine, LOUIS, Antoine, NOUVEL, Pierre et THIVET, Matthieu. *Le complexe monumental de la Genetoye (Autun, Saône-et-Loire) dans son environnement. Approches diachroniques et pluridisciplinaires de la confluence Arroux/Ternin de la préhistoire au Moyen-Âge, rapport annuel 2016*, 2016, 3 volumes.
- LILLEY, Sean, FILI, Tom, COZZI, Patrick, & BAGNELL, Dan. *3D-Tiles/PointCloud* [document électronique] 2017. <https://github.com/AnalyticalGraphicsInc/3d-tiles/tree/master/TileFormats/PointCloud> [date de consultation 02/01/2018].
- MANNING, Connord. *Entwine. Trillions of points. Massive point clouds as infrastructure* [document électronique]. Boston, 2017. <https://entwine.io/slides/foss4g2017/index.html#/> [date de consultation 04/01/2018].
- MARTINEZ-RUBI, Oscar, DE KLEIJN, Maurice, VERHOEVEN, Stefan, DROST, Niels, ATTEMA, Jisk, VAN MEERSBERGEN, Maarten, VAN NIEUWPOORT, Rob, DE HOND, Rens, DIAS, Eduardo et SVETACHOV, Pjotr. « Using modular 3D digital earth applications based on point clouds for the study of complex sites ». *International Journal of Digital Earth*, 2016, vol. 9, n°12, p. 1135-1152.
- OPITZ, Rachel. « Teaching Practice while Developing Practice: Mobile Computing at the Gabii Project Field school ». Communication effectuée au colloque *Mobilizing the Past for a Digital Future: The Potential of Digital Archaeology Workshop*, 28 février 2015, Boston.
- PINKOS, Hannah. *Why 3D? The benefits of 3d geospatial visualization beyond pretty pictures. (FOSS4G 2017)* [document électronique]. Boston, 2017. <https://cesium.com/presentations/files/why3d.pdf> [date de consultation 22/01/2018].

RICHARDS-RISSETTO, Heather & SCHWERIN, Jennifer von. « A catch 22 of 3D data sustainability: Lessons in 3D archaeological data management & accessibility ». *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 2017, 6, p. 38-48.

VERGNIEUX, Robert et GILIGNY, François. « Pour un usage raisonné de la 3D en archéologie ». *Les Nouvelles de l'archéologie*, 2016, n°146, p. 3-5.

NOTES

1. - VERGNIEUX, Robert et GILIGNY, François. « Pour un usage raisonné de la 3D en archéologie ». *Les Nouvelles de l'archéologie*, n°146, 2016, p. 3-5.
2. - FORTE, Maurizio. « 3D archaeology: new perspectives and challenges – the example of Çatalhöyük ». *Journal of Eastern Mediterranean Archaeology & Heritage Studies*, 2014, n°2, fascicule 1, p. 1-29.
3. - *Laser imaging (light) detection and ranging*: détection et estimation de la distance par la lumière.
4. - HESS, Michael, PETROVIC, Vid, MEYER, Dominique, RISSOLO, Dominique et KUESTER, Falko. « Fusion of multimodal three-dimensional data for comprehensive digital documentation of cultural heritage sites ». *Digital Heritage*, 2015, vol. 2, p. 595-602.
5. - Certaines publications évoquent même des « *archaeological data floods* », littéralement un déluge de données impossibles à canaliser. Voir GORDON, Jody, AVERETT, Erin & COUNTS, Derek. « 0.2. Mobile Computing in Archaeology: Exploring and Interpreting Current Practices ». Dans GORDON, Jody, AVERETT, Erin & COUNTS, Derek (ed.). *Mobilizing the past for a digital future: the potential of digital archaeology*. Grand Forks: The digital Press@ the University of North Dakota, 2016, p. 1-30.
6. - ALLIEZ, Pierre, *et al.* « Digital 3D Objects in Art and Humanities: challenges of creation, interoperability and preservation. White paper ». PARTHENOS, Bordeaux, 30 nov.-2 déc. 2016, 2017, voir le site : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01526713v2> [consulté le 24/04/2019].
7. - Le projet Parthenos vise à renforcer la cohésion de la recherche dans le domaine numérique en SHS dans les disciplines du patrimoine culturel, de l'histoire, de l'archéologie, de la linguistique et plus largement, des humanités. Pour plus de détails, voir le site : <http://www.parthenos-project.eu/> [consulté le 24/04/2019].
8. - La principale nouveauté tient à l'utilisation de la carte graphique comme support de rendu 3D directement au travers du navigateur. On peut se référer à DWORAK, Daniel et KUROCZYNSKI, Piotr. « Virtual Reconstruction 3.0: New Approach of Web-based Visualisation and Documentation of Lost Cultural Heritage ». Dans IOANNIDES, Marinos, FINK, Eleanor, MOROPOULOU, Antonia, *et al.* (éd.). *Digital Heritage. Progress in Cultural Heritage. Documentation, Preservation, and Protection - Proceedings of the 6th International Conference, EuroMed 2016, Nicosia, Cyprus, October 31-November*, t. 1, p. 292-306, pour un tour d'horizon technique qui reste abordable pour un non-spécialiste.
9. - Il est possible d'essayer la plateforme en faisant la demande en ligne à cette adresse : <http://www.aioli.cloud/> [consulté le 24/04/2019]. Voir dans ce numéro : MAY, Roland, GUILLON, Odile, PAMART, Anthony et VALLET, Jean-Marc. « Imagerie numérique et conservation-restauration : état de l'art et perspectives », *In Situ* [En ligne], 39 | 2019, mis en ligne le 31 mai 2019, consulté le 09 juillet 2019. URL : <http://journals.openedition.org/insitu/21940>.
10. - RICHARDS-RISSETTO, Heather & SCHWERIN, Jennifer von. « A catch 22 of 3D data sustainability: Lessons in 3D archaeological data management & accessibility ». *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 2017, 6, p. 38-48.

11. - OPITZ, Rachel. « Teaching Practice while Developing Practice: Mobile Computing at the Gabii Project Field school ». Communication effectuée au colloque « Mobilizing the Past for a Digital Future: The Potential of Digital Archaeology Workshop » le 28 février 2015 à Boston.
12. - MARTINEZ-RUBI, Oscar, *et al.* « Using modular 3D digital earth applications based on point clouds for the study of complex sites ». *International Journal of Digital Earth*, 2016, vol. 9, n°12, p. 1135-1152.
13. - La description des objectifs du projet Inception est accessible à l'adresse : <https://www.inception-project.eu/en/project/objectives> [consulté le 24/04/2019].
14. - Vitruve. *De Architectura*, I, 2, 5.
15. - LABAUNE, Yannick (dir.). *Le Complexe monumental de la Genetoye dans son environnement*. 2016, 3 volumes.
16. - Nous reviendrons sur ce concept dans la partie consacrée à la mise en œuvre technique.
17. - Un « *Building Information Model* » (BIM) prend en général la forme d'une maquette 3D enrichie par des informations contextuelles et hiérarchisées, intégrées par les différents professionnels et experts actifs sur un projet, afin de permettre à chacun des acteurs d'avoir un aperçu complet de la conception, la construction et l'utilisation d'un site ou d'un bâtiment.
18. - On vise de plus en plus à adapter ces systèmes de gestion et de collaboration pour des projets patrimoniaux. Voir par exemple BARAZETTI, Luigi, BANFI, Fabrizio et BRUMANA, Raffaella. « Historic BIM in the Cloud ». Dans IOANNIDES, Marinos, FINK, Eleanor, MOROPOULOU, Antonia, *et al.* (ed.). *Digital Heritage. Progress in Cultural Heritage... Op. cit.*, vol. I, p. 104-115.
19. - PINKOS, Hannah. *Why 3D? The benefits of 3d geospatial visualization beyond pretty pictures. (FOSS4G 2017)*. Boston, 2017, voir sur le site : <https://cesium.com/presentations/files/why3d.pdf> [consulté le 24/04/2019].
20. - L'ouvrage fondateur est celui de COZZI, Patrick, & RING, Kevin. *3D Engine design for virtual globes*. Natick/Londres : AK Peter/Taylor & Francis, 2011. Cesium gère jusqu'à présent trois types de LOD : Discrete LOD, Continuous LOD, Hierarchical LOD. Cette technique permet de faire varier en temps réel le nombre de faces et la qualité des textures d'un objet 3D en fonction de certains paramètres, notamment la distance de la caméra. L'affichage et donc la quantité d'informations transmises et rendues deviennent alors progressifs.
21. - Utilisation par de grandes entreprises ou organismes de recherche dont la NASA.
22. - Le développement du projet s'est de nouveau accéléré et on peut espérer des synergies plus évoluées avec CesiumJS dans un futur proche, voir le site : <http://potree.org/> [consulté le 24/04/2019].
23. - Une variation du standard JSON propre à CesiumJS.
24. - Un second format propre à CesiumJS et optimisé pour l'affichage sur le web, voir le site : <https://github.com/AnalyticalGraphicsInc/3d-tiles> [consulté le 24/04/2019].
25. - ISENBURG, Martin. « Laszip ». *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 2013, 79 (2), p. 209-217.
26. - LILLEY, Sean, *et al.* *3D-Tiles/PointCloud*.
27. - Connord Manning développe à la fois l'outil d'indexation Entwine et le serveur Greyhound, voir le site : <https://entwine.io/slides/foss4g2017/index.html#/> [consulté le 24/04/2019].
28. - Ce consortium regroupe notamment des groupes tels que Intel, NVIDIA, Google, Sony, Apple, Samsung et IBM.
29. - Voir le site : <https://about.riot.im/about-us> [consulté le 29/05/2019].
30. - Le serveur pour la plateforme collaborative à proprement parler ainsi que le serveur qui héberge la partie encryption des données.
31. - HODGSON, Matthew. *Encrypting Matrix Building a universal end-to-end encrypted communication ecosystem with Matrix and Olm. (FOSDEM 2017)* [document électronique] Bruxelles, 2017, <https://matrix.org/blog/wp-content/uploads/2017/02/2017-02-03.1-FOSDEM-Encrypting-Matrix.pdf> [consulté le 24/04/2019].

32. - Aoroc, ArScan, Bibracte EPCC, CESR, MOM J. Pouilloux, MSHE C.-N. Ledoux, ministère de la Culture et de la Communication - sous-direction de l'Archéologie, INRAP et SOGETI.
33. - Vers 30 avant notre ère.
34. - Voir le site : <https://www.dji.com/ground-station-pro/gis-data-import> [consulté le 24/04/2019].
35. - Voir le site : <http://www.agisoft.com/> [consulté le 24/04/2019].
36. - PostgreSQL avec extension PostGIS par exemple.
-

RÉSUMÉS

Le projet *Aspectus* a été engagé en 2016 afin de répondre à des besoins récurrents émanant de programmes de recherche en archéologie. En effet, la place croissante des données numériques nous oblige à élaborer de nouvelles stratégies pour gérer, intégrer et disséminer un volume exponentiel d'informations complexes, multimodales et multirésolution, en direction d'utilisateurs aux attentes et aux compétences variées. Paradoxalement, ces données deviennent de plus en plus difficiles à exploiter par des non-spécialistes. Notre objectif est donc de faciliter le partage de ces données entre tous les acteurs scientifiques en leur donnant les moyens de les visualiser, de les analyser et de les interpréter sans que cela exige une maîtrise technique avancée. *Aspectus* prend la forme d'un outil en ligne fondé sur des technologies open-source et rend accessibles des données 3D complexes à l'aide d'un navigateur web. Le système s'appuie pour cela sur une interface communautaire qui promeut le partage, la collaboration et l'expertise à distance. Suite au vif intérêt suscité par la présentation d'un « *proof of concept* » au salon *Innovative SHS 2017*, il semble désormais opportun de poursuivre le développement de l'outil sous la forme d'un prototype. Dans cette perspective, le projet a maintenant pour cadre le groupe de travail réuni par le projet « Bibracte numérique » qui vise à développer une chaîne de traitement numérique de l'information appliquée aux métiers de l'archéologie.

The *Aspectus* project was born out of necessity some years ago, during a post-excavation season. In recent years, we have seen a tenfold increase in the volumes of digital data acquired. This phenomenon of increasing digitisation in the field of archaeology, and of cultural heritage more generally, requires strategies for managing an inordinate quantity of 3D data and making it available to a broad array of researchers and an even broader public audience. Beyond the sheer quantity of data, multimodal and multiresolution data exploitation has become another common challenge. The *Aspectus* project aims to facilitate access to complex three-dimensional data and to promote collaborative work and remote expert assessment. *Aspectus* takes advantage of available open-source solutions to produce a comprehensive software solution that encompasses multiple complementary approaches: high quality 3D web visualisation, data analysis and annotation tools, online workplace platform, in other words, making complex 3D data accessible and available for analysis in a collaborative environment. Our first trial concept generated much interest at the *Innovative SHS 2017* exhibition and we are now developing a prototype of *Aspectus* as part of the "Bibracte Numérique" project.

INDEX

Mots-clés : archéologie, patrimoine, numérique, 3D, outil collaboratif en ligne, visualisation, open source, Bibracte, données spatiales

Keywords : archaeology, cultural heritage, digital heritage, 3D, online collaboration tool, data visualisation, open source, Bibracte, spatial data

AUTEURS

MATTHIEU THIVET

Ingénieur de recherche, Université de Franche-Comté, Laboratoire Chrono-Environnement, UMR 6249 matthieu.thivet@univ-fcomte.fr

QUENTIN VERRIEZ

Archéologue chargé de mission « Archéologie et Numérique », Bibracte EPCC, Laboratoire Chrono-Environnement, UMR 6249 q.verriez@bibracte.fr

DAMIEN VURPILLOT

Ingénieur de recherche, Université de Tours, Centre d'études supérieures de la Renaissance - ARD Intelligence des Patrimoines damien.vurpillot@univ-tours.fr