



In Situ
Revue des patrimoines

39 | 2019
**Imagerie numérique et patrimoine culturel : enjeux
scientifiques et opérationnels**

Harmonisation et diffusion des ressources numériques 3D des grottes ornées

Harmonising and sharing 3D digital resources on prehistoric cave painting

Violette Abergel, Geneviève Pinçon, Stéphane Konik et Kévin Jacquot



Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/insitu/21550>

DOI : 10.4000/insitu.21550

ISSN : 1630-7305

Éditeur

Ministère de la Culture

Référence électronique

Violette Abergel, Geneviève Pinçon, Stéphane Konik et Kévin Jacquot, « Harmonisation et diffusion des ressources numériques 3D des grottes ornées », *In Situ* [En ligne], 39 | 2019, mis en ligne le 04 juin 2019, consulté le 11 juillet 2019. URL : <http://journals.openedition.org/insitu/21550> ; DOI : 10.4000/insitu.21550

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.

Harmonisation et diffusion des ressources numériques 3D des grottes ornées

Harmonising and sharing 3D digital resources on prehistoric cave painting

Violette Abergel, Geneviève Pinçon, Stéphane Konik et Kévin Jacquot

« 3D et Grottes ornées »

De l'usage des données numériques tridimensionnelles dans le contexte des grottes ornées

- 1 Dans les champs de l'étude et de la conservation des sites d'art rupestre, et plus généralement des sites patrimoniaux, les données numériques tridimensionnelles constituent des ressources particulièrement précieuses, compensant dans une certaine mesure les contraintes d'accès aux sites étudiés et pouvant constituer des supports à différents niveaux : analyse, suivi, conservation, médiation ou encore valorisation.
- 2 Dans le cadre de la gestion et de la protection des sites, les données 3D permettent notamment de faciliter la visualisation d'éventuelles altérations¹, de les mesurer, d'assurer un suivi multi-temporel de l'évolution des parois² ou encore de planifier une intervention de restauration³. Le simulateur Lascaux, basé sur des calculs de mécanique des fluides et réalisé à partir d'un relevé laser de plus de 150 millions de points, permet par exemple de prédire l'influence de différents scénarios d'intervention sur les conditions thermiques et hydriques de la grotte. L'équipe de conservation est ainsi en mesure d'identifier les conditions d'intervention les plus favorables⁴.
- 3 Concernant l'étude et l'analyse des sites, les données 3D peuvent être utilisées de multiples manières selon la nature et la précision des numérisations. Outre leur capacité à faciliter les opérations de mesure, elles offrent des possibilités extrêmement intéressantes concernant l'analyse morphologique et volumétrique des parois :

manipulation libre des éléments par déplacements et rotations virtuels, opérations de comparaison géométrique d'éléments en vue de l'identification de modèles théoriques⁵, extraction de coupes et profils en vue d'une analyse technique⁶... L'usage de modèles numériques tridimensionnels autorise et facilite des opérations de manipulations qui ne sont pas toujours envisageables dans la réalité. Ainsi, la numérisation du Roc-aux-Sorciers (Angles-sur-l'Anglin, Vienne) a permis d'effectuer une simulation virtuelle des raccords entre différents blocs⁷.

- 4 Parmi les utilisations courantes des numérisations 3D de grottes ornées, notons également les simulations lumineuses qui aident à mieux comprendre les conditions de conception des figures en faisant varier virtuellement les sources de lumière⁸. Ici encore, le modèle numérique pallie les difficultés causées par les conditions réelles du site.
- 5 Progressivement, ces ressources deviennent indispensables à la recherche dans les grottes ornées comme au Roc-aux-Sorciers⁹, à Marsoulas (Haute-Garonne)¹⁰ ou de façon encore plus effective à Commarque (Les Eyzies-de-Tayac, Dordogne)¹¹.
- 6 Dans le cadre de la valorisation et de la médiation, notons en premier lieu l'utilisation de modèles 3D pour la création de films en images de synthèse et autres supports multimédias (jeux, applications de réalité augmentée, visites virtuelles ...). Ces modèles jouent également un rôle primordial dans la construction de fac-similés de grande envergure, tels qu'Altamira (Cantabrie, Espagne)¹² (ouvert en 2001), le Roc-aux-Sorciers (ouvert en 2008), Chauvet (Vallon-Pont-d'Arc, Ardèche, ouvert en 2015) ou encore Lascaux IV (ouvert en 2016).
- 7 Néanmoins, comme l'explique M. Maumont¹³, si les applications variées des données 3D numériques issues de relevés les rendent aujourd'hui particulièrement attractives, il convient de souligner que leur utilisation doit être conditionnée par les techniques employées, leur précision et le niveau de détail de l'acquisition. En effet, la provenance (contexte de l'acquisition) des mesures et les technologies exploitées entraînent des conséquences multiples comme la résolution du nuage de points résultant, les incertitudes de mesure, la présence ou absence d'informations colorimétriques, la présence éventuelle d'un maillage ou encore le taux de décimation. Une bonne connaissance de ces informations est donc essentielle pour garantir la légitimité de leur utilisation, particulièrement lorsqu'il s'agit d'un contexte scientifique.

Enjeux du projet

- 8 Le Centre national de la préhistoire (CNP), service de l'administration centrale du ministère de la Culture spécialisé notamment dans l'étude pluridisciplinaire et la conservation des sites d'art rupestre, est responsable de la mise en œuvre de la politique nationale des sites ornés. L'une de ses missions est d'archiver le corpus français des sites d'art pariétal afin de centraliser les ressources les concernant au sein d'une plateforme unique pour leur mise à disposition, et d'assurer leur pérennité. À ce titre, il est dépositaire de l'ensemble des ressources scientifiques des sites ornés du territoire français, comprenant les données issues des différentes campagnes de numérisation tridimensionnelle, quels que soient leur commanditaire et leur contexte de réalisation. Néanmoins, la variété des utilisations et des contextes d'acquisition associée à l'évolution des pratiques et des technologies rend ce corpus extrêmement hétérogène. L'absence de standard quant à la documentation des données 3D ne garantit plus aujourd'hui la traçabilité nécessaire pour d'éventuelles réutilisations ni même pour leur archivage.

- 9 Pour surmonter ce problème, il est impératif de s'interroger sur leur caractérisation et leur formalisation à travers une description normée. Mené depuis 2015 par l'UMR MAP (Modèles et simulations pour l'architecture et le patrimoine) et le Centre national de la préhistoire, dans le cadre de l'accord-cadre CNRS-ministère de la Culture, le projet « 3D et Grottes ornées » s'inscrit dans ce contexte. Son objectif global est d'évaluer les possibilités d'harmonisation des données 3D des grottes ornées dans l'optique d'accroître leur qualité, et d'envisager d'éventuelles conséquences sur les processus d'acquisition futurs. Pour cela, un travail important de clarification et d'archivage des ressources existantes a été réalisé, et a permis en outre d'explorer les potentiels en matière de diffusion auprès d'un public expert ou non-expert.
- 10 Cette collaboration MAP-CNP a donc comporté alors deux aspects majeurs :
- 11 1- Analyse et description des données 3D de la base de données : menant à la production de métadonnées permettant de les accompagner d'indications claires quant à leur provenance, leur nature, et leur qualité ;
- 12 2- Harmonisation, diffusion et pérennisation des données 3D : menant au développement d'un prototype de plateforme web permettant leur visualisation et manipulation à travers une interface adaptative.
- 13 Ce travail sur les métadonnées des ressources 3D s'inscrit également dans les développements des bases de données nationales référentes du ministère de la Culture (projet MédiHado), qui s'articulent autour de données de référence (iconographies, films...), décrites avec leurs métadonnées aux normes les mieux partagées à l'échelle nationale ou internationale quand elles existent¹⁴.

Analyse et description des données

- 14 Pour mener à bien le projet « 3D et Grottes ornées », le CNP a mis à disposition un échantillon de base de données lié au corpus des grottes ornées, comprenant les ressources issues des numérisations 3D de huit grottes ou abris, opérées entre 1999 et 2014 par deux prestataires. Cet échantillon, en apparence relativement réduit, représente à lui seul près d'un téraoctet de données composé de plus de 26 000 fichiers et 1081 dossiers.
- 15 Le travail s'est décomposé en plusieurs phases. Dans un premier temps, il s'est agi d'analyser ce corpus afin de distinguer les différents types de ressources (nuages de points issus de lasergrammétrie, maillages texturés, vidéos, photographies, applications interactives...) et d'en extraire une classification comprenant des descripteurs adaptés aux catégories identifiées. Cette classification a, dans un second temps, servi de base pour définir une structuration des données nécessaire à toute publication web. Enfin, un prototype d'application web simple d'accès et indépendant de logiciels propriétaires a été réalisé afin de fournir un aperçu des possibilités en matière de manipulation de données 3D et de gestion de contenus.

Un corpus hétérogène à structurer

- 16 L'analyse du corpus a révélé une grande hétérogénéité, que ce soit en matière de nomenclature, de structuration ou de contenus. De fait, l'importante quantité de fichiers, en comparaison avec le nombre relativement faible de sites concernés, nous révèle

l'absence de standard quant à l'organisation des ressources de la base de données. Cette lacune s'avère un point décisif en ce qui concerne la lisibilité et incidemment, la traçabilité des données, puisqu'elle rend impossible une appréciation globale et cohérente des ressources disponibles.

- 17 Ce constat a naturellement mené à une phase d'inventaire centrée sur les données 3D brutes. Bien que l'absence de toute forme de documentation des ressources ait rendu la démarche difficile, nous avons souhaité structurer cet inventaire autant que possible à partir des directives établies par le consortium européen 3D-ICONS¹⁵ pour le schéma CARARE¹⁶ et publiées dans ses rapports intermédiaires.
- 18 Le résultat de cette phase d'inventaire permet de décrire l'ensemble des données du corpus par un tableau de synthèse dans lequel chaque fichier appartient à l'une de ces quatre grandes familles : « Acquisition 3D », « Reconstruction 3D », « Enrichissement visuel », « Finalisations »¹⁷. Pour chacune de ces familles, un ensemble de descripteurs a été défini en fonction des spécificités liées à chaque processus. Pour la famille « Acquisition 3D » plusieurs sous-catégories ont été établies à partir des fichiers existants, dont les deux principales sont « photogrammétrie » et « lasergrammétrie ». Pour chacune de ces catégories, des descripteurs permettant de clarifier le contenu du fichier ont été définis. Ainsi, pour les fichiers bruts résultant d'une acquisition lasergrammétrique, nous détaillons par exemple le matériel utilisé (associée à la fiche technique du constructeur, cette information nous renseigne sur les spécificités du matériel et donne un ordre de grandeur de la précision maximale des mesures), la méthode métrologique, le nombre de stations, la résolution angulaire, la résolution spatiale, la densité de points moyenne, la qualité des données¹⁸, selon la couverture, ou encore l'architecture et le format de fichiers (fig. 1).

Figure 1

Lasergrammétrie	Matériel		FARO Focus 3D S 120
	Méthode métrologique	Temps de vol	
		Décalage de phase	X
		Triangulation optique	
	Nombre total de stations		19
	Résolution angulaire		0,035°
	Résolution spatiale (distance cartésienne entre deux points successifs sur l'objet)		6,136 mm/10m
	Densité de points moyenne		26569 pt/m ² à 10m
	Qualité Q des données (selon l'équation de Barber, Mills et Bryan): $Q=(1-(m/h))$ avec m Résolution spatiale et h la plus petite entité à		?
	Couverture		?
	Modèles bruts : pointclouds	Architecture des fichiers	?
		Format de fichier	.FLS
	Modèles extraits (pointclouds)	Nombre de fichiers	8
Architecture des fichiers		?(XYZ et trois autres valeurs)	
	Format de fichier	.ASC	

Exemple de fiche descriptive d'un nuage de points issu d'acquisition laser.

© UMR CNRS/MC 3495 MAP.

- 19 Notons cependant que si cette organisation fonctionne pour le corpus étudié, elle présente des limites notables : elle n'est pas exhaustive, puisqu'elle est uniquement basée sur les informations recueillies quant aux pratiques exploitées pour les huit relevés. Par exemple, elle ne permet pas de classer des fichiers issus de procédés hybrides (utilisation conjointe de différentes techniques d'acquisition), et ne mentionne ni la nature des données brutes exploitées pour la production des modèles 3D maillés ni les

différentes étapes de la chaîne de traitement : s'agit-il d'une modélisation 3D à partir de ressources textuelles ou iconographiques, d'hypothèses de reconstitution ou bien d'une post-production de données brutes d'acquisition ?

- 20 Dans un contexte où les méthodologies et technologies de numérisation 3D sont en constante évolution, cette limite implique une constante actualisation du système de classification et de ses descripteurs. Par ailleurs, notons que les descripteurs définis pour chacune de ces catégories ne visent pas à remplacer les fiches techniques des matériels utilisés ni les métadonnées présentes dans les données brutes (telles que les données EXIF pour une photographie).

Remarque : La classification des ressources du corpus a permis de souligner les difficultés relatives au fait de renseigner a posteriori certaines informations, ce qui incite à envisager ces métadonnées comme un livrable à préciser dans un cahier des charges. En outre, si cette démarche a révélé des difficultés à retrouver certaines métadonnées, elle a également permis de constater que certaines d'entre elles avaient volontairement été tronquées, remettant en cause, de fait, la possibilité d'une réexploitation des données « brutes ». Cette situation sans perspective incite aussi à préciser les attentes lors de la rédaction du cahier des charges et à spécifier la notion de « donnée brute ».

- 21 Par la suite, pour le développement d'un prototype destiné à la diffusion web des données de ce corpus, nous avons transposé cette classification en tables SQL¹⁹ (une table par catégorie de ressources). Chaque table dispose d'autant de champs que la catégorie de descripteurs, auxquels s'ajoutent deux champs supplémentaires, l'un pointant vers le nom du site orné concerné, l'autre permettant d'attribuer un identifiant unique à chaque ressource référencée dans la table.
- 22 Ainsi, chaque fichier de la base de données est caractérisé par les initiales du site d'art pariétal auquel il se rapporte (par exemple « Cap-Blanc »), son type (par exemple « lasergrammétrie »), et son identifiant unique. Ces trois informations suffisent à retrouver sa position dans la base de données – et par conséquent, la liste complète des métadonnées le concernant –, mais également sa position sur le serveur. Par conséquent, ce fonctionnement garantit la possibilité d'accéder simultanément, à partir d'une requête SQL, au contenu d'un fichier 3D ainsi qu'aux informations nécessaires à sa compréhension.

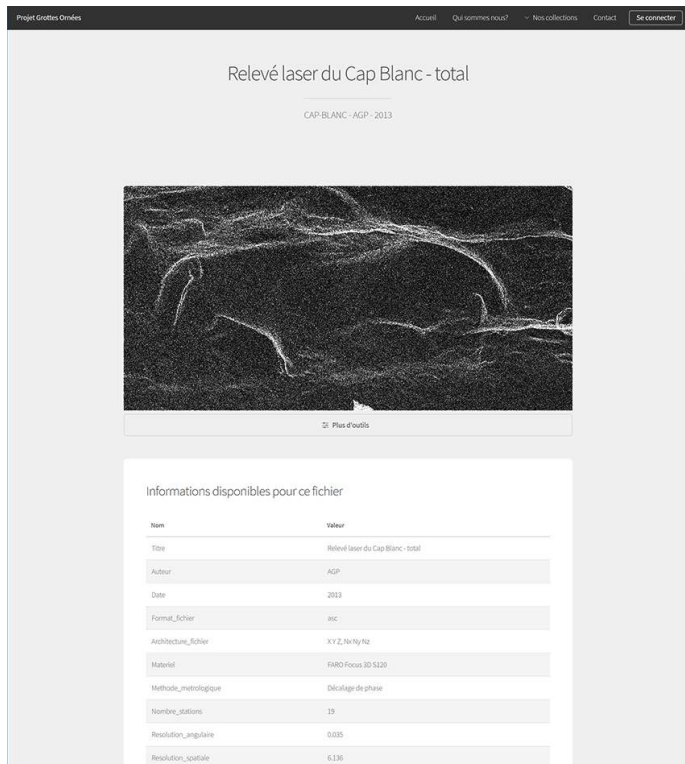
Le prototype de diffusion web de données 3D

- 23 Le prototype mis en œuvre pour les données du CNP se présente sous la forme d'une interface web permettant l'envoi, la modification et la consultation de fichiers dans la base de données. Son développement se base majoritairement sur l'utilisation de langages et bibliothèques libres et open source.
- 24 L'ambition du visualiseur 3D (ou « 3D viewer »), compris dans ce dispositif, n'est pas de se substituer aux logiciels de traitement de données 3D déjà utilisés au sein des différents champs d'expertise impliqués dans l'étude des grottes ornées mais bien de procurer aux utilisateurs des outils simples leur permettant de comprendre rapidement la nature des contenus manipulés.

Les métadonnées au cœur du fonctionnement

- 25 Chaque donnée 3D, qu'il s'agisse de nuage de points ou de maillage, est visualisable dans un espace dédié, et systématiquement accompagnée des descripteurs procurant des indications quant à sa provenance et sa précision (**fig. 2**).

Figure 2



Prévisualisation d'un nuage de points accompagné de ses métadonnées. Relevé laser de Cap-Blanc.
© CNP – AGP, 2013.

- 26 Ces métadonnées peuvent être utilisées comme critères de recherche avancée (**fig. 3**). Par exemple, un utilisateur peut spécifier ne désirer consulter que les fichiers de type « nuages de points au format X, réalisés par les prestataires Y ou Z, et dont la résolution spatiale est supérieure à N » : le moteur de recherche intégré – qui permet en outre une sélection par site ou par mots-clés – sélectionne alors dans la base de données les fichiers correspondant à cette requête.

Figure 3

Projet Grottes Ornées Accueil Qui sommes nous? Nos collections Contact Se connecter

Recherche avancée

Affinez votre recherche pour :

Type de relevé: reconstruction ;

Sites: tous.

Titre
Sélectionnez une ou plusieurs entrées.

Auteur
Sélectionnez une ou plusieurs entrées.
 AGP

Date
2012 - 2014

Format de fichier
Sélectionnez une ou plusieurs entrées.
 dae

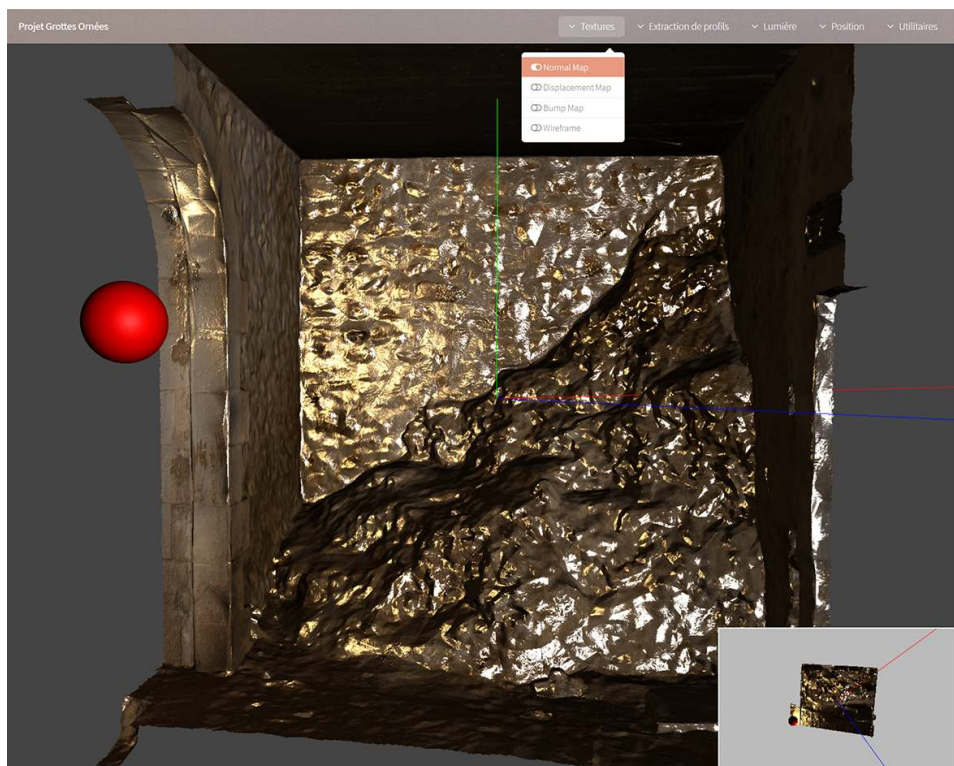
Densité moyenne
47898.927 - 318870

Utilisation des métadonnées comme critères de recherche dans la base de données.

© UMR CNRS/MC 3495 MAP.

- 27 L'interface de visualisation 3D tient compte, elle aussi, des métadonnées des fichiers en adaptant les outils de manipulation. Par exemple, si les métadonnées d'un modèle 3D mentionnent l'existence d'une texture externe, l'interface de consultation de ce fichier comprend une option permettant son activation/désactivation dans la scène 3D (fig. 4).

Figure 4



Options d'activation des textures additionnelles. Modèle 3D de l'entrée de la grotte de Teyjat.

© CNP - CABINET PERAZIO, 2014.

Le *web-viewer* 3D

- 28 Les données sont consultables directement sur internet à l'aide d'un navigateur. Doté d'une interface adaptative (ou « *responsive* »), le *3D-viewer* s'adapte aussi bien aux supports mobiles (smartphones, tablettes) que bureautiques. Développé en JavaScript à l'aide des bibliothèques WebGL²⁰ open-source Three.js et Potree.js, il n'exige ainsi aucune installation de la part de l'utilisateur.
- 29 La plateforme permet de manipuler des nuages de points²¹ – texturés ou non –, des maillages – texturés ou non – aux formats les plus répandus (DAE²², OBJ, STL), ou encore des panoramiques équirectangulaires ou faces de cubes aux formats d'images les plus communs (JPG, PNG). Les outils proposés pour la manipulation des données dépendent en premier lieu du type de fichier et de son format.
- 30 Pour les nuages de points, l'interface propose des options d'affichage (nombre de points, taille des points, opacité), de visualisation (texturage par couleurs, gradients, normales, intensité, etc.), et de navigation (orbite, translation, survol). Le *3D-viewer* comprend également quelques outils de mesure d'angles, de distances, et d'aires, d'extraction de profils, ainsi que certains utilitaires (affichage des axes, d'une grille, spécification de l'axe vertical) (fig. 5).

Figure 5



Manipulation d'un nuage de points : outils de mesure et Eye-Dome Lighting. Nuage de points laser de l'abri du Cap-Blanc.

© CNP - AGP, 2013.

- 31 Pour les modèles surfaciques (de la famille des « Reconstructions 3D »), l'interface autorise l'utilisation de textures additionnelles participant à la visualisation du relief telles que les *normal map*, *displacement map* et *bump map* si celles-ci sont mentionnées dans les métadonnées de l'objet étudié. Leurs effets peuvent être ajustés voire accentués par un traitement direct de la texture (fig. 6).

Figure 6



Effet d'un algorithme de traitement d'image appliqué à une normal map : modification du contraste de l'image et conséquences sur la visualisation 3D (Q. Perrin 2017). Modèle 3D de l'entrée de la grotte de Teyjat.

© CNP - Perazio, 2014.

- 32 Un outil d'extraction de profil a également été développé afin de permettre aux utilisateurs de réaliser des sections des modèles étudiés. L'outil permet le téléchargement des coupes résultantes au format vectoriel SVG²³.
- 33 La source de lumière de la scène 3D peut être déplacée, par exemple dans le but de simuler une lumière rasante sur une paroi. Sa couleur comme son intensité peuvent être

définies par l'utilisateur. Néanmoins, il s'agit d'une source de lumière ponctuelle, alors que l'utilisation de sources directionnelles pourrait s'avérer intéressante pour la compréhension de certains modèles, particulièrement ceux issus de sites d'art pariétal présentant de fines gravures.

- 34 Enfin, certains paramètres de caméra peuvent être ajustés, et trois modalités de visualisation sont proposées : vue perspective, axonométrie et stéréoscopie. Ce dernier cas, prévu pour une utilisation sur mobile dans un casque passif de réalité virtuelle, comprend l'ajustement des contrôles utilisateur (orientation de la caméra) en fonction des paramètres de la centrale inertielle du smartphone.
- 35 Pour les utilisateurs dotés des privilèges administrateur, la plateforme propose des outils destinés à simplifier la gestion des fichiers. Ainsi, déposer une ressource ou la modifier n'exige aucune compétence spécifique en informatique. De manière globale, bien que perfectible, la structure du site est pensée de façon à minimiser autant que possible les besoins en matière de maintenance. De fait, l'ajout d'un descripteur pour une famille de fichiers n'impose aucune mise à niveau particulière des données préexistantes ni des outils de recherche ou de dépôt de ressources.

Dépôt, modification et téléchargement d'une ressource

- 36 Lors du dépôt d'un fichier, l'utilisateur doit préalablement sélectionner dans une liste la catégorie de ressource concernée. Une fois que l'utilisateur a correctement renseigné les métadonnées correspondantes dans le formulaire généré automatiquement, le fichier est transféré sur le serveur et traité de façon à adopter la structure et la nomenclature en vigueur. La ressource ainsi téléversée est consultable dès la fin de cette opération. Les métadonnées restent modifiables à tout moment par les administrateurs depuis une page de gestion dédiée.
- 37 Enfin, les fichiers peuvent être rendus disponibles au téléchargement par les administrateurs de la base de données, à tout ou partie des utilisateurs, et ce dans différents niveaux de définition. Dans ce cas, des liens de téléchargement apparaissent directement sous la fenêtre de visualisation 3D. Ainsi, l'interface agit comme un outil de prévisualisation précédant d'éventuelles manipulations à l'aide de logiciels experts.

Perspectives

- 38 La réalisation de cette plateforme s'inscrit dans une réflexion générale sur des problématiques variées concernant la traçabilité des numérisations patrimoniales, leur harmonisation, leur documentation, leur archivage mais aussi leur diffusion. À ce titre, elle demeure un prototype, qui soulève encore beaucoup d'interrogations. En premier lieu, les descripteurs employés sont encore insuffisamment exhaustifs, et doivent être actualisés au fil des évolutions technologiques concernant l'acquisition tridimensionnelle. Par ailleurs, ils ont été définis à partir des contenus 3D d'une base de données préexistante, qui n'est pas nécessairement représentative de la variété des méthodes actuelles, ni garante de leur pertinence. En outre, ils ne qualifient que les ressources, en tant que résultats d'opérations de mesures *in situ*, et non les chaînes opératoires, qui prennent pourtant une place considérable dans la compréhension d'une donnée, de son contenu, de ses limites²⁴.

- 39 Néanmoins, ce premier prototype nous a permis de nous forger une idée précise des possibilités en matière de diffusion, et nous a confortés dans l'idée que les plateformes web constituaient des médias à privilégier, offrant un compromis satisfaisant en termes de diffusion multi-support, de maintenabilité et de facilité de développement. L'API WebGL offre de nombreuses possibilités d'affichage et d'interaction avec des contenus 3D. Les bibliothèques JavaScript existantes nous ont ainsi permis de proposer des outils simples, globalement suffisants pour une prévisualisation ou un premier contact avec des fichiers de types et de précisions hétérogènes. Cependant, même en occultant les enjeux informatiques relatifs à l'optimisation (de code, d'architecture logicielle, etc.), il demeure un enjeu important qu'il faudra considérer si l'on souhaite dépasser le stade de prototype : celui de la sécurité. Les outils utilisés à ce jour pour le développement ne garantissent pas un niveau de sécurité satisfaisant, tant pour le serveur que pour les données. Par ailleurs, le système proposé à ce jour est centré sur la documentation des données mais pourrait gagner en praticité en intégrant une documentation des sites d'art pariétal qui pourrait prendre différentes formes, comme l'atlas des grottes ornées en cours de constitution par le CNP ou encore les systèmes d'information géographique des grottes ornées dont un modèle générique est actuellement consolidé et mis à disposition des chercheurs dans ce domaine par ce même service. Tous ces travaux devraient converger vers une ontologie spécifique offrant aux nombreux acteurs la possibilité de croiser leurs regards sur cet objet d'étude d'exception.
- 40 Enfin, le corpus des grottes ornées comporte des enjeux particuliers en matière de visualisation puisque certains sites ont des gravures ou peintures difficilement perceptibles à l'œil nu. Pour cette raison, un développement récent porte sur l'augmentation visuelle en commençant par les outils de rendu physique réaliste²⁵. L'intégration des textures additionnelles les plus communes, *normal map*, *displacement map*, *bump map*, habituellement utilisées dans le milieu du rendu temps réel, nous a conduits à explorer les possibilités d'accentuation de leurs attributs : d'abord géométriquement (augmentation des effets de ces textures additionnelles via des paramètres d'intensité), puis à partir de procédés de traitement d'image (ajustement des attributs colorimétriques des textures pour modifier leurs effets sur les géométries associées). Une étude des pratiques communes en matière de traitement d'image pour l'étude de grottes ornées²⁶ pourrait fournir des pistes intéressantes d'intégration de nouveaux outils. Cela offrirait l'opportunité de démocratiser la recherche dans ce domaine en permettant au citoyen intéressé de pratiquer la lecture pariétale au côté des chercheurs qui partageraient ainsi, sur ces propositions, leurs questionnements et leurs certitudes ou incertitudes inhérentes à la science.

Conclusion

- 41 Ce travail initié par le CNP en collaboration avec le MAP a permis de conduire une réflexion sur les données, les métadonnées, et prochainement, sur les paradonnées (données contextuelles de leur création) propres aux grottes ornées numérisées. Les résultats de ces travaux constituent une première étape fondamentale dans le partage et l'utilisation de ressources numériques. Elle permet d'envisager la réexploitation pérenne de ressources rigoureuses dans de nouveaux traitements performants qu'il reste à développer pour mieux étudier et mieux restituer ces sites patrimoniaux.

- 42 En vue de continuer à développer ces outils et de les rendre utiles à tous, la convergence des réflexions menées dans le cadre du projet « 3D et Grottes ornées » avec un travail sur les problématiques liées à l'archivage des données s'avère indispensable. Pour cette raison, la création d'une ontologie des grottes ornées semble une étape importante des avancées à venir, à laquelle s'attellent maintenant les équipes du MAP et du CNP au CNRS et au ministère de la Culture.
-

BIBLIOGRAPHIE

- 3D-ICONS, 2012. *3D-ICONS project* [en ligne]. 2012. [Consulté le 9 février 2018]. Disponible à l'adresse : <http://3dicons-project.eu/eng>.
- 3D-ICONS, 2014. *3D-ICONS Guidelines* [en ligne]. S.l. [Consulté le 9 février 2018]. Disponible à l'adresse : <http://3dicons-project.eu/eng/Guidelines-Case-Studies/Guidelines2>.
- BIBLIOTHÈQUE NATIONALE DE FRANCE, 2018. BnF - Modèle CIDOC CRM. 2018. [en ligne]. [Consulté le 12 février 2018]. Disponible à l'adresse : http://www.bnf.fr/fr/professionnels/modelisation_ontologies/a.modele_cidoc_crm.html.
- BOURDIER, Camille, FUENTES, Oscar, HAMON, Gaël et PINÇON, Geneviève. « Technologies 3D appliquées à la sculpture pariétale magdalénienne ». Dans *Images et relevés archéologiques, de la preuve à la démonstration (édition électronique)*. Arles : s.n., 2008.
- BRYAN, P. G., BARBER, D. M. et MILLS, J. P. « Towards a standard specification for terrestrial laser scanning in cultural heritage—one year on ». *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 2004, vol. 35, n° B7.
- BURENS-CAROZZA, Albane, GRUSSENMEYER, Pierre, GUILLEMIN, Samuel, CAROZZA, Laurent, BOURRILLON, Raphaëlle et PETROGNANI, Stéphane. « Numérisation 3D de la grotte ornée des Fraux, Saint-Martin-de-Fressengeas, Dordogne, France - approche multiscalaire ». *Collection Edytem*, 2011, n° 12.
- CIDOC CRM, 2018. CIDOC CRM. [en ligne]. 2018. [Consulté le 12 février 2018]. Disponible à l'adresse : <http://www.cidoc-crm.org/>.
- DELLEPIANE, Matteo, CALLIERI, Marco, CORSINI, Massimiliano et SCOPIGNO, Roberto. « Using digital 3D models for study and restoration of cultural heritage artifacts ». Dans *Digital Imaging for Cultural Heritage Preservation: Analysis, Restoration, and Reconstruction of Ancient Artworks*. CRC Press. S.l. : s.n., 2011
- DÍAZ-GUARDAMINO, Marta, GARCÍA SANJUÁN, Leonardo, WHEATLEY, David et RODRÍGUEZ ZAMORA, Víctor. « RTI and the study of engraved rock art: A re-examination of the Iberian south-western stelae of Setefilla and Almadén de la Plata 2 (Seville, Spain) ». *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 2015, vol. 2. DOI 10.1016/j.daach.2015.07.002.
- DUDEK, Iwona. *MEMORIA - Rapport d'étape (2015-2016)* 2016 [en ligne]. report. S.l. UMR 3495 MAP CNRS/MCC. Voir le site : <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-01495093/document>.
-

FERNIE, Kate. D1.8 : CARARE - Connecting Archaeology and ARchitecture in Europeana - Final Report 2013 [en ligne]. Final Report. S.l. Voir le site : <http://pro.carare.eu/doku.php?id=support:metadata-schema>.

FRITZ, Carole, TOSELLO, Gilles, AZEMA, Marc, MOREAU, Olivier, PERAZIO, Guy et PERAL, José. « Restauration virtuelle de l'art pariétal paléolithique : le cas de la grotte de Marsoulas », *In Situ* [En ligne], 13 | 2010, mis en ligne le 16 avril 2012, consulté le 15 mai 2019. URL : <http://journals.openedition.org/insitu/6774> ; DOI : 10.4000/insitu.6774

JALLET, Patrick, DUBARRY, Philippe et JOSEPH, Françoise. « La grotte de Lascaux : du constat d'état à la création d'une base de consultation ». *Conservation restauration des biens culturels*, 2006, n° 24.

JALLET, Patrick, JOSEPH, Françoise et DUBARRY, Philippe. « The Lascaux Caves: A New Baseline For Better Risk Evaluation (A Multimedia Condition Report) ». Dans *International Cultural Heritage Informatics Meeting (ICHIM07): Proceedings* [en ligne]. Toronto : J. Trant and D. Bearman, 24 octobre 2007. Voir le site : <http://www.archimuse.com/ichim07/papers/dubarry/dubarry.html>.

LACANETTE, Delphine et MALAURENT, Philippe. « La 3D au service de la conservation des grottes ornées, l'exemple de Lascaux et du simulateur Lascaux », *In Situ* [En ligne], 13 | 2010, mis en ligne le 16 avril 2012, consulté le 15 mai 2019. URL : <http://journals.openedition.org/insitu/6793>.

LACANETTE, Delphine et MALAURENT, Philippe. « L'apport de la modélisation à la connaissance et à la gestion du climat des grottes : l'exemple de Lascaux. » Dans COYE, Noël (éd.). *Lascaux et la conservation en milieu souterrain = Lascaux and preservation in subterranean environments : symposium (Paris : 2009)*. Paris : Éd. de la Maison des sciences de l'homme, 2011.

LACANETTE, Delphine et MALAURENT, Philippe. « Simulation of the microclimate in an archaeological cave (Lascaux, France) ». Dans [en ligne]. S.l. : Begellhouse, 2015, p. 4. Voir le site : <http://www.dl.begellhouse.com/references/1bb331655c289a0a,0e8ff6cc7091d0ef,34d1626d2735f2c5.html>.

LASHERAS CORRUCHAGA, José Antonio et de LAS HERAS, Carmen. « Un fac-similé, le choix pour Altamira », *In Situ* [En ligne], 13 | 2010, mis en ligne le 04 avril 2012, consulté le 15 mai 2019. URL : <http://journals.openedition.org/insitu/6711> ; DOI : 10.4000/insitu.6711.

LE QUELLEC, Jean-Loïc, HARMAN, Jon, DEFRASNE, Claudia et DUQUESNOY, Frédérique. « DStretch® et l'amélioration des images numériques : applications à l'archéologie des images rupestres ». *Les Cahiers de l'AARS*, vol. 16, 2013.

LEPELÉ, Julie. *Recherche et médiation en art rupestre à l'ère de la 3D - Mémoire de fin d'études*. Cergy-Pontoise : université de Cergy-Pontoise/LPMN, 2017.

MAUMONT, Michel. « L'espace 3D : de la photogrammétrie à la lasergrammétrie », *In Situ* [En ligne], 13 | 2010, mis en ligne le 16 avril 2012, consulté le 15 mai 2019. URL : <http://journals.openedition.org/insitu/6413> ; DOI : 10.4000/insitu.6413.

MINISTÈRE DE LA CULTURE. MédiHadoc - Ministère de la Culture, 2016. [en ligne]. [Consulté le 14 février 2018]. Voir le site : <http://www.culturecommunication.gouv.fr/Divers/Harmonisation-des-donnees-culturelles/Referentiels/Referentiel-multimedia/MediHadoc>.

PETELER, Friederike, GATTET, Éloi, BROMBLET, Philippe, GUILLON, Odile, VALLET, Jean-Marc et DE LUCA, Livio. « Analyzing the evolution of deterioration patterns: A first step of an image-based approach for comparing multitemporal data sets ». Dans *Digital Heritage, 2015* [en ligne]. S.l. : IEEE, 2015, p. 113-116. Voir le site : <http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7419465/>.

PINÇON, Geneviève, BOURDIER, Camille, FUENTES, Oscar et ABGRALL, Aurélie. « De la manipulation des images 3D », *In Situ* [En ligne], 13 | 2010, mis en ligne le 16 avril 2012, consulté le 15 mai 2019. URL : <http://journals.openedition.org/insitu/6814> ; DOI : 10.4000/insitu.6814.

PINÇON, Geneviève, BOURDIER, Camille, FUENTES, Oscar, ABGRALL, Aurélie et HAMON, Gaël. « Applications des technologies 3D à la sculpture pariétale magdalénienne. Lectures d'une iconographie reprise mais toujours renouvelée de deux abris sculptés du Magdalénien moyen grâce à l'usage de bibliothèques de formes 3D ». Dans *Actes du colloque MADAPCA, PALEO, numéro spécial*. Paris : s.n., 2014.

PINÇON, Geneviève, FUENTES, Oscar, BARRE, René, AUBER, Olivier et HAMON, Gaël. « De la frise magdalénienne in situ ... au centre d'interprétation du Roc-aux-Sorciers : l'usage de la 3D », *In Situ* [En ligne], 13 | 2010, mis en ligne le 16 avril 2012, consulté le 15 mai 2019. URL : <http://journals.openedition.org/insitu/6672> ; DOI : 10.4000/insitu.6672.

TOMÁŠKOVÁ, Silvia. « Digital technologies in context: Prehistoric engravings in the Northern Cape, South Africa ». *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 2015, vol. 2, n° 2-3. DOI 10.1016/j.daach.2015.04.001.

NOTES

1. - MAUMONT, Michel. « L'espace 3D : de la photogrammétrie à la lasergrammétrie », *In Situ* [En ligne], 13 | 2010, mis en ligne le 16 avril 2012, consulté le 15 mai 2019. URL : <http://journals.openedition.org/insitu/6413> ; DOI : 10.4000/insitu.6413.

2. - PETELER, Friederike, GATTET, Éloi, BROMBLET, Philippe, GUILLON, Odile, VALLET, Jean-Marc et DE LUCA, Livio. « Analyzing the evolution of deterioration patterns: A first step of an image-based approach for comparing multitemporal data sets ». Dans *Digital Heritage, 2015* [en ligne]. S.l. : IEEE, 2015, p. 113-116. Voir le site : <http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7419465/> [consulté le 15/05/2019] ; JALLET, Patrick, DUBARRY, Philippe et JOSEPH, Françoise. « La grotte de Lascaux : du constat d'état à la création d'une base de consultation ». *Conservation restauration des biens culturels*, 2006, n° 24, p. 11-20 ; JALLET, Patrick, JOSEPH, Françoise et DUBARRY, Philippe. « The Lascaux Caves: A New Baseline For Better Risk Evaluation (A Multimedia Condition Report) ». Dans *International Cultural Heritage Informatics Meeting (ICHIM07): Proceedings* [en ligne]. Toronto : J. Trant and D. Bearman, 24 octobre 2007. Voir le site : <http://www.archimuse.com/ichim07/papers/dubarry/dubarry.html> [consulté le 9/02/2018].

3. - DELLEPIANE, Matteo, CALLIERI, Marco, CORSINI, Massimiliano et SCOPIGNO, Roberto. « Using digital 3D models for study and restoration of cultural heritage artifacts ». Dans *Digital Imaging for Cultural Heritage Preservation: Analysis, Restoration, and Reconstruction of Ancient Artworks*. CRC Press. S.l. : s.n., 2011, p. 37-69.

4. - LACANETTE, Delphine et MALAURENT, Philippe. « La 3D au service de la conservation des grottes ornées, l'exemple de Lascaux et du simulateur Lascaux », *In Situ* [En ligne], 13 | 2010, mis en ligne le 16 avril 2012, consulté le 15 mai 2019. URL : <http://journals.openedition.org/insitu/6793> ; DOI : 10.4000/insitu.6793 ; *Iid*. « L'apport de la modélisation à la connaissance et à la gestion du climat des grottes : l'exemple de Lascaux. » Dans COYE, Noël (éd.). *Lascaux et la conservation en milieu souterrain = Lascaux and preservation in subterranean environments : symposium (Paris : 2009)*. Paris : Éd. de la Maison des sciences de l'homme, 2011, p. 143-168 ; *Iid*. « Simulation of the microclimate in an archaeological cave (Lascaux, France) ». Dans [en ligne]. S.l. : Begellhouse, 2015, p. 4. Voir le site : <http://www.dl.begellhouse.com/references/1bb331655c289a0a,0e8ff6cc7091d0ef,34d1626d2735f2c5.html> [consulté le 9/02/2018].

5. - PINÇON, Geneviève, BOURDIER, Camille, FUENTES, Oscar, ABGRALL, Aurélie et HAMON, Gaël. « Applications des technologies 3D à la sculpture pariétale magdalénienne. Lectures d'une iconographie reprise mais toujours renouvelée de deux abris sculptés du Magdalénien moyen grâce à l'usage de bibliothèques de formes 3D ». Dans *Actes du colloque MADAPCA, PALEO*, numéro spécial. Paris : s.n., 2014, p. 85-92.
6. - BURENS-CAROZZA, Albane, GRUSSENMEYER, Pierre, GUILLEMIN, Samuel, CAROZZA, Laurent, BOURRILLON, Raphaëlle et PETROGNANI, Stéphane. « Numérisation 3D de la grotte ornée des Fraux, Saint-Martin-de-Fressengeas, Dordogne, France - approche multiscalaire ». *Collection Edytem*, 2011, n° 12, p. 183-189.
7. - PINÇON, Geneviève, BOURDIER, Camille, FUENTES, Oscar et ABGRALL, Aurélie. « De la manipulation des images 3D », *In Situ* [En ligne], 13 | 2010, mis en ligne le 16 avril 2012, consulté le 15 mai 2019. URL : <http://journals.openedition.org/insitu/6814> ; DOI : 10.4000/insitu.6814.
8. - BOURDIER, Camille, FUENTES, Oscar, HAMON, Gaël et PINÇON, Geneviève. « Technologies 3D appliquées à la sculpture pariétale magdalénienne ». Dans *Images et relevés archéologiques, de la preuve à la démonstration (édition électronique)*. Arles : s.n., 2008, p. 123-142.
9. - PINÇON, Geneviève, FUENTES, Oscar, BARRE, René, AUBER, Olivier et HAMON, Gaël. « De la frise magdalénienne in situ ... au centre d'interprétation du Roc-aux-Sorciers : l'usage de la 3D », *In Situ* [En ligne], 13 | 2010, mis en ligne le 16 avril 2012, consulté le 15 mai 2019. URL : <http://journals.openedition.org/insitu/6672> ; DOI : 10.4000/insitu.6672.
10. - FRITZ, Carole, TOSELLO, Gilles, AZEMA, Marc, MOREAU, Olivier, PERAZIO, Guy et PERAL, José. « Restauration virtuelle de l'art pariétal paléolithique : le cas de la grotte de Marsoulas », *In Situ* [En ligne], 13 | 2010, mis en ligne le 16 avril 2012, consulté le 15 mai 2019. URL : <http://journals.openedition.org/insitu/6774> ; DOI : 10.4000/insitu.6774.
11. - LEPÉLÉ, Julie. *Recherche et médiation en art rupestre à l'ère de la 3D - Mémoire de fin d'études*. Cergy-Pontoise : université de Cergy-Pontoise/LPMN, 2017.
12. - LASHERAS CORRUCHAGA, José Antonio et de LAS HERAS, Carmen. « Un fac-similé, le choix pour Altamira », *In Situ* [En ligne], 13 | 2010, mis en ligne le 04 avril 2012, consulté le 15 mai 2019. URL : <http://journals.openedition.org/insitu/6711> ; DOI : 10.4000/insitu.6711.
13. - MAUMONT, Michel. « L'espace 3D : de la photogrammétrie à la lasergrammétrie ». Art. cit.
14. - MINISTÈRE DE LA CULTURE. MédiHadoc - Ministère de la Culture, 2016. [en ligne]. [Consulté le 14 février 2018]. Voir le site : <http://www.culturecommunication.gouv.fr/Divers/Harmonisation-des-donnees-culturelles/Referentiels/Referentiel-multimedia/MediHadoc>.
15. - 3D-ICONS, 2012. 3D-ICONS project. In : [en ligne]. 2012. [Consulté le 9 février 2018]. Voir le site : <http://3dicons-project.eu/> [consulté le 03/06/2019].
16. - Le schéma CARARE a été défini dans le but d'accompagner la collecte de données et de métadonnées pour leur diffusion sur la plateforme numérique Europeana. La version 2.0 de ce schéma, préparée dans le cadre du projet 3D-ICONS, est basée sur le schéma MIDAS Heritage. Elle est compatible avec le modèle sémantique de référence CIDOC-CRM, utilisé pour la documentation du patrimoine muséographique (CIDOC CRM, 2018 ; Bibliothèque nationale de France, 2018). Voir : FERNIE, Kate. D1.8 : CARARE - *Connecting Archaeology and ARCHitecture in Europeana - Final Report 2013* [en ligne]. Final Report. S.l. Voir le site : <http://pro.carare.eu/doku.php?id=support:metadata-schema> [consulté le 9/02/2018].
17. - 3D-ICONS. *3D-ICONS Guidelines 2014* [en ligne]. S.l. Voir le site : <http://3dicons-project.eu/guidelines-and-case-studies/guidelines> [consulté le 03/06/2019].
18. - BRYAN, P. G., BARBER, D. M. et MILLS, J. P. « Towards a standard specification for terrestrial laser scanning in cultural heritage—one year on ». *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 2004, vol. 35, n° B7, p. 966-971.
19. - Langage de requête structurée (Structured Query Language).
20. - Le WebGL est une spécification d'interface de programmation développée par le Khronos Group, sous licence GNU.

21. - Les nuages de points sont préalablement convertis en octree au format JS par PotreeConverter.
22. - Le DAE, connu sous le nom Collada, est un format standard d'échange développé par le Khronos Group répondant à la norme ISO/PAS 17506. Dans un souci de pérennité, c'est le format que nous privilégions, bien que nous ayons souhaité assurer la compatibilité avec d'autres formats répandus.
23. - Le format ouvert SVG, ou *Scalable Vector Graphics* est une spécification développée par le W3C (*World Wide Web Consortium*). Ce format de données est un standard conçu pour décrire des ensembles vectoriels, c'est pourquoi nous avons souhaité le privilégier.
24. - DUDEK, Iwona. *MEMORIA - Rapport d'étape (2015-2016)* 2016 [en ligne]. report. S.l. UMR 3495 MAP CNRS/MCC. Voir le site : <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-01495093/document> [consulté le 12/02/2018].
25. - Le rendu physique réaliste, ou PBR en anglais (*Physically Based Rendering*) est un système de rendu dont l'objectif est de simuler le comportement physique (principalement optique) des matériaux afin de produire des images réalistes.
26. - LE QUELLEC, Jean-Loïc, HARMAN, Jon, DEFASNE, Claudia et DUQUESNOY, Frédérique. « DStretch® et l'amélioration des images numériques : applications à l'archéologie des images rupestres ». *Les Cahiers de l'AARS*, 2013, vol. 16, p. 177-198 ; DÍAZ-GUARDAMINO, Marta, GARCÍA SANJUÁN, Leonardo, WHEATLEY, David et RODRÍGUEZ ZAMORA, Víctor. « RTI and the study of engraved rock art: A re-examination of the Iberian south-western stelae of Setefilla and Almadén de la Plata 2 (Seville, Spain) ». *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 2015, vol. 2, n° 2-3, p. 41-54. DOI 10.1016/j.daach.2015.07.002 ; TOMÁŠKOVÁ, Silvia. « Digital technologies in context: Prehistoric engravings in the Northern Cape, South Africa ». *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 2015, vol. 2, n° 2-3, p. 222-232. DOI 10.1016/j.daach.2015.04.001.
-

RÉSUMÉS

Dépositaire des ressources numériques des grottes et abris ornés, le Centre national de la préhistoire (CNP) s'attache à encourager et à réaliser en moyenne une campagne de numérisation 3D par an, afin d'enrichir ce fonds de données. Ces ressources constituent à la fois des archives des sites d'art pariétal et des supports pour leur conservation, leur étude et leur médiation. Du fait qu'elles n'ont subi aucun traitement ou manipulation susceptibles de biaiser leur exploitation, les données brutes constituent pour le CNP et ses partenaires une ressource précieuse pour l'étude et la documentation des sites ornés. Ainsi, il devient aujourd'hui impératif de s'intéresser à la documentation et la formalisation de ces ressources, afin de les pérenniser et garantir leur utilisation au bénéfice du plus grand nombre, qu'il s'agisse d'experts ou du grand public. À ce titre, le CNP a sollicité l'UMR MAP (Modèles et simulations pour l'architecture et le patrimoine) pour initier ensemble dans le cadre de l'accord-cadre CNRS-ministère de la Culture un travail d'une part sur la description de ces données et d'autre part sur leur diffusion. Le premier point implique de produire des descripteurs pertinents permettant d'accompagner les données 3D d'indications claires quant à leur provenance, leur nature et leur qualité. Le second aspect implique l'harmonisation et la pérennisation des données, ainsi que le développement d'un prototype de plateforme web permettant leur visualisation et manipulation à travers une interface adaptative. Ce travail s'inscrit dans une réflexion plus globale dont l'objectif est de contribuer à la traçabilité des données numériques 3D destinées à des utilisations scientifiques.

Nous proposons dans cet article de détailler l'ensemble du travail réalisé dans le cadre de ce projet sur les ressources numériques des grottes ornées, en s'intéressant particulièrement aux développements réalisés pour la visualisation des données 3D.

The national centre for prehistory (CNP, Centre national de la Préhistoire) serves as a depository for all the digital resources concerning prehistoric caves and shelters with parietal wall paintings. The centre tries to carry out a campaign of 3D digitisation every year in order to enrich its holdings. These resources are at one and the same time archival records of parietal painting and material for their future conservation, study and interpretation. Because they have not undergone any treatment or manipulation likely to bias their interpretation, this raw data represents for the centre and its partners a precious resource for documenting and studying prehistoric sites. So today it has become very important to better document and formalise these resources in order to guarantee their preservation and availability, both for the general public and for experts. Consequently, the centre has recently joined forces with the UMR MAP team, specialised in models and simulations for architecture and the heritage, in the framework of a general agreements between the Ministry of Culture and the CNRS and aiming at a better characterisation of the data so far acquired, and its better diffusion. The first point involves the production of pertinent descriptors in order to accompany the 3D data with clear cataloguing information about provenance, nature and quality. The second aspect of the project involves harmonising the data and ensuring its perpetuation and the development of prototype web platforms allowing for visualisation and manipulation via an adaptive interface. The project is part of a broader programme aimed at making a contribution to the traceability of 3D digital imagery produced for scientific research. In this article we propose a progress report on the work far carried out on digital data for parietal art, with particular focus on the recent developments in the visualisation of 3D data.

INDEX

Keywords : 3D digitisation, caves with prehistoric wall paintings, archaeology, data base, archiving, metadata, diffusion, 3D viewer, mediation

Mots-clés : numérisation 3D, grottes ornées, archéologie, base de données, archivage, métadonnées, diffusion, 3D viewer, médiation

AUTEURS

VIOLETTE ABERGEL

MAP-ARIA, UMR 3495 CNRS/MCC violette.abergel@lyon.archi.fr

GENEVIÈVE PINÇON

Centre National de la Préhistoire genevieve.pincon@culture.gouv.fr

STÉPHANE KONIK

Centre National de la Préhistoire stephane.konik@culture.gouv.fr

KÉVIN JACQUOT

MAP-ARIA, UMR 3495 CNRS/MCC kevin.jacquot@lyon.archi.fr