

L'APPORT DE LA 3D DANS L'ART PRÉHISTORIQUE: ANALYSE ET RESTITUTION DES IMAGES ET DE LEURS SUPPORTS, EXEMPLES CROISÉS DES SITES DE BLANCHARD (LA GARENNE) ET LA MARCHE*

1. INTRODUCTION

L'analyse de l'art préhistorique est indissociable de l'étude des supports, mobiliers et pariétaux. Les techniques de rendu en 3D (scanner/laser, photogrammétrie, microtopographie...) occupent une place croissante dans le développement des recherches sur les ensembles ornés et notamment dans les approches liées aux supports. Elles permettent d'appréhender différemment les créations graphiques et leurs articulations avec leur surface de réalisation.

Dans le cadre d'un programme de recherches collectif de l'Agence Nationale de la Recherche (ANR), le programme MADAPCA¹ coordonné par l'un d'entre nous (Patrick Paillet), nous avons mis en œuvre une étude combinant les différents outils de l'analyse en trois dimensions. Outre l'évaluation des apports de chaque méthode, notre recherche vise à constituer des modèles numériques susceptibles d'intégrer la pluralité des analyses menées sur les sites.

Nous l'illustrons ici pour deux sites: la grotte Blanchard, située dans le site de la Garenne (Saint Marcel, Indre), et le site de la Marche (Lussac les Châteaux, Vienne).

La complémentarité des approches et des échelles de lecture, des volumes aux microformes des parois ou des surfaces gravées, ainsi que la contemporanéité culturelle et la proximité géographique de ces deux sites favorise leur étude comparée.

La problématique du rendu en 3 dimensions dépasse le cadre de la restitution. Il s'agit d'intégrer la panoplie des méthodes d'analyse destinées à caractériser de manière qualitative et quantitative les objets et tracés et à identifier les gestes de création des artistes.

1.1 *La grotte Blanchard comme site pilote*

La grotte Blanchard est une des rares cavités ornées de la moitié Nord de la France. Située sous le grand abri de la Garenne, étudié par le docteur

* Cet article a été écrit en septembre 2010. Les recherches 3D se sont poursuivies dans la grotte Blanchard et font l'objet de publications ultérieures.

¹ Le programme MicroAnalyses et Datations de l'Art Préhistorique dans son Contexte Archéologique (2007-2011) vise à exploiter les développements technologiques récents pour renouveler et améliorer les conditions d'analyses, de relevés et de protection des œuvres d'art.

Jacques Allain et son équipe, elle a été découverte en 1957 suite aux fouilles de l'abri (ALLAIN 1957).

De dimensions modestes (5 à 6 mètres de long dans son axe principal), la cavité est constituée d'une unique salle ovoïde, d'où partent un laminoir et deux étroitures. Elle recèle surtout un contexte archéologique riche et diversifié, attribué à la phase moyenne du Magdalénien: outils en silex, objets en os et faune (certains de ces objets étant fichés dans les parois), ainsi que des plaquettes gravées, des peintures et gravures pariétales (VIALOU 2004).

Sa situation à proximité d'une voie ferrée très fréquentée représente un risque certain pour sa conservation à long terme, accru par la mauvaise qualité relative de la roche calcaire. En effet, les vibrations occasionnées par le passage répété des trains peuvent occasionner des microfissurations de la paroi susceptibles de conduire à un délitement de certains fragments pariétaux.

C'est donc la combinaison d'un contexte archéologique diversifié et des impératifs de conservation qui a motivé une programmation de recherches sur la grotte ainsi que sur des collections mobilières archivées au musée archéologique d'Argentomagus.

Concernant les approches 3D, trois échelles d'analyses principales sont requises afin de répondre aux différents besoins de l'étude.

Tout d'abord il est nécessaire de procéder à une numérisation volumétrique de l'ensemble de la cavité. La conservation nécessite à la fois l'enregistrement des parois mais aussi du sol, qui conserve encore des restes archéologiques épars, malgré les fouilles anciennes et les récentes interventions effectuées dans le cadre du Programme Collectif de Recherches sur la Garenne (DESPRIEE, TYMULA, RIGAUD 2009). De plus, la cavité présente dans sa rotondité quelques reliefs plus irréguliers, ainsi que plusieurs renforcements au pied de certains secteurs de la paroi. L'un d'entre eux prend la forme d'un laminoir profond de quelques mètres. Sur le sol on peut observer un amoncellement de pierres dont l'une a révélé des gravures. C'est l'ensemble de ce contexte archéologique et morphologique qui doit être préservé pour restituer, mais aussi comprendre la structure particulière de cette grotte.

Pour l'analyse des gravures, il faut disposer d'un niveau de lecture approfondi, permettant notamment une numérisation détaillée des reliefs naturels de la paroi exploités par les artistes paléolithiques pour y intégrer leurs tracés. L'essentiel des gravures se situe en effet sur un registre médian de la paroi droite marqué par la présence de reliefs naturels. Il s'agit de petites concavités circulaires, dénommés ici cupules, ainsi que quelques becs rocheux (Fig. 1). Les ensembles gravés au sein de ces cupules présentent la particularité, au milieu des lacis de traits apparemment non organisés, d'être disposés en fonction du contour et des limites de ces reliefs pariétaux originaux.

Enfin, pour appréhender les l'états de surfaces et les microreliefs, notamment sur les plaquettes décorées, il est nécessaire de procéder à une



Fig. 1 – Vue de la paroi Nord-Est de la grotte, rotonde avec gravures et peintures parmi des cupules et becs rocheux (cliché D. Vigears).

analyse microtopographique. Des référentiels de comparaison diversifiés sont à disposition grâce aux travaux déjà réalisés sur les plaquettes du site voisin de la Marche (MELARD 2008).

Le triple objectif ici énoncé vise donc à la fois à obtenir un support numérique garantissant la pérennité, même virtuelle, des données en cas de dégradation des états de surface, mais aussi à contribuer à la recherche et l'étude des représentations. La corrélation avec les relevés est une des applications visées.

Une série de relevés sur polyanes a en effet été réalisée au début des années 80 par l'un de nous (Denis Vialou), suivant la méthode de projection orthogonale, alors utilisée pour enregistrer les différents tracés gravés sans aucun avec la paroi. En parallèle fut effectuée une couverture photographique et systématique exhaustive en diapositives couleurs. Ces relevés graphiques et photographiques constituent la première lecture de ces gravures, une analyse destinée à identifier, caractériser et définir chaque tracé. Notre travail est d'associer ces relevés avec la restitution 3D des volumes naturels. Cette corrélation directe n'est pas possible en se basant uniquement sur les photographies, étant donné les problèmes de décalage entre les photographies et les relevés.

Outre les représentations graphiques, la construction du support 3D doit nous permettre de contextualiser archéologiquement les tracés. Une des spécificités de la grotte Blanchard tient en effet dans la présence d'objets en os et bois de renne fichés dans les fissures des parois qui sont encore en place pour

une part non négligeable d'entre eux². Une couverture photographique UV par plusieurs sources d'émission a mis en valeur leur emplacement sur la paroi.

Leur localisation sur le modèle 3D, en parallèle des tracés, doit permettre de fixer les relations entre ces ensembles.

Cette contextualisation se complète de l'étude des plaquettes gravées du site, dont l'étude micromorphologique comparée à celle déjà effectuée sur les plaquettes de la Marche offre à la fois un autre degré de lecture, dans le détail, des supports mobiliers décorés, et une perspective de comparaison territoriale et culturelle au Magdalénien.

2. LECTURE DES PAROIS, DES SURFACES, DES TRACÉS: QUELLES MÉTHODES POUR QUELLE ANALYSE?

L'ensemble de ces recherches s'inscrit dans un même cadre: une lecture optimisée des représentations graphiques et de leur cadre de réalisation. Afin de parvenir à cette lecture, il est nécessaire de déterminer pour chaque échelle d'analyse les méthodologies les mieux adaptées, en comparant leurs atouts et limites respectifs.

En ce qui concerne la constitution de modèles 3D, nous avons comparé les apports des scanners d'une part, et de la photogrammétrie d'autre part. Pour l'étude micromorphologique des plaquettes décorées, c'est le microrugosimètre qui est utilisé.

2.1 Du volume à la surface: apports des scanners aux modèles 3D

Procéder à un enregistrement 3D nécessite un système opératoire qui s'impose pour le scanner comme pour la photogrammétrie, adapté aux conditions particulières que revêt l'analyse en grotte.

La profondeur de champ est le premier critère dans le choix du dispositif. Les zones d'occultation doivent être minimisées par la multiplication des stations d'acquisition. Le dispositif de capture doit permettre un bon compromis entre qualité et rapidité, entre approche séquentielle ou directe (tête panoramique, station multivue...). Un plan des différentes stations³ est nécessaire. La modélisation des surfaces complexes et naturelles supportant les peintures et gravures pariétales est réalisée par le maillage de la triangulation de Delaunay⁴. Ce maillage est une étape inévitable aussi bien dans le remontage des scans de laser que dans celui des photographies.

² L'étude de ces objets fichés est en cours actuellement au sein du programme MADAPCA par Magali Peyroux.

³ Une station est définie par la position, l'orientation et le champ du dispositif de capture.

⁴ Des triangles possédant chacun une unique arête commune avec son voisin et qui doivent être aussi équilatéraux que possible et de tailles similaires.

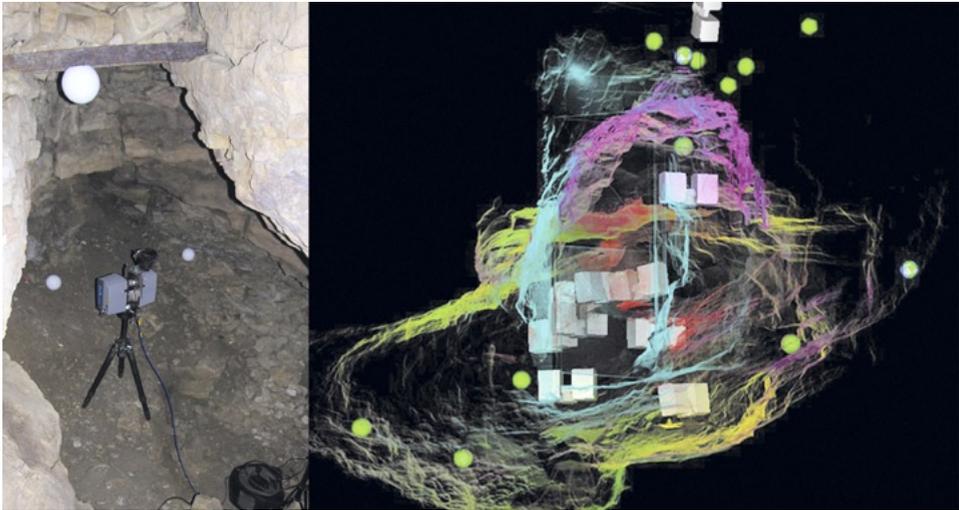


Fig. 2 – Station de numérisation de la grotte Blanchard.

2.1.1 La numérisation 3D par scanner/laser

L'échelon prioritaire d'enregistrement à Blanchard, pour les besoins de la conservation et de la localisation des tracés et objets fichés, était celui des volumes. Les scanners longue portée ("temps de vol" ou "décalage de phase") répondent à ces besoins.

Basés sur le principe de l'émission/réception, ces appareils permettent de réaliser un relevé topographique du site, de fournir un modèle géométrique suffisamment précis pour intégrer des photographies et donner ainsi une restitution la plus appropriée de la réalité des parois ornées. Les résolutions sont de l'ordre du mm. À cette échelle on restitue l'ensemble des volumes des parois avec une forte densité de points.

Dans la grotte Blanchard, nous avons pu bénéficier du prêt d'un scanner photon 120/20 de la société FARO, (technologie du décalage de phase). La numérisation a été réalisée par des stations successives dans la grotte, et dans le grand abri de la Garenne. À chacune de ces stations l'enregistrement se fait sur 360° sur un plan horizontal, et à 320° sur un plan vertical (Fig. 2, Pl. IX, b).

L'alignement automatique s'effectue grâce au positionnement de sphères qui servent de points de références communs entre les stations (la phase d'assemblage de nuages points est automatisée dans tous les logiciels d'acquisition).

Le laser Photon présente un atout supplémentaire, la présence d'un appareil photographique corrélé avec le scanner qui réalise une couverture photo à chaque position du scanner, à la suite de la rotation de la 3D. C'est

une première visualisation instantanée et colorée du volume de la cavité par codage RVB (rouge, vert, bleu) du nuage de point, avant le travail des logiciels qui aideront à la production du résultat final.

Pour les photographies de texture, l'éclairage de la grotte a été fait avec un flash cobra professionnel disposé sur l'appareil photo, limitant ainsi les dégagements caloriques.

Les différentes phases post-acquisition sont les suivantes:

- l'alignement et la soudure des scans entre eux,
- le maillage, la suppression de l'environnement non désirable (pied d'éclairage, câbles...),
- la suppression de bruit parasite (brillance de parois, diffraction sur les bords),
- l'obturation des trous,
- le texturage avec les photos.

La laserométrie offre une vision quasi immédiate, avantage qui permet le contrôle des zones couvertes. Les premiers aperçus montrent les atouts indéniables de cette technologie pour la conservation du milieu souterrain, mais laissent aussi apparaître des limites.

2.1.2 Limites du temps de vol et questions de texture

En premier lieu l'encombrement, même réduit, est à prendre en compte. La numérisation dans certains secteurs de cavité, peut s'avérer très problématique avec ce type d'appareil. Le coût important du matériel est aussi un obstacle.

Mais l'essentiel vient des problèmes importants de calage entre les prises de vues, sur le modèle 3D, sont apparus progressivement. Leur résolution nécessite un traitement approfondi en laboratoire. Par ailleurs, la qualité des clichés obtenus par les appareils photos associés directement au scanner restent encore trop en-deçà des impératifs liés à notre étude.

Nous avons tenté pour corriger cet aspect de caler sur le modèle 3D une autre couverture photo effectuée par l'un d'entre nous (Daniel Vigears). Cette procédure a été effectuée avec l'aide d'Yves Egels et sur le logiciel qu'il a développé (Cumulus), présenté plus longuement dans une autre communication (cfr. BOUYSSI *et al.*, dans ce volume). Nous avons ainsi pu obtenir un premier support de lecture de la cavité en 3D (Fig. 3) et amorcer les réponses aux difficultés posées par le texturage et le calage de données extérieures (autre couverture photo, relevés...). Par cette expérience, on voit apparaître, en parallèle des atouts indéniables de la laserométrie, les problèmes du texturage et du calage des données extérieures qui témoignent des limites actuelles du procédé.

A l'échelon des surfaces détaillées, il est nécessaire pour obtenir un niveau de définition suffisant de faire appel à des scanners haute résolution.



Fig. 3 – Segment de la paroi Nord-Est de la grotte Blanchard avec maillage des points, logiciel Cumulus (développé par Yves Egels).

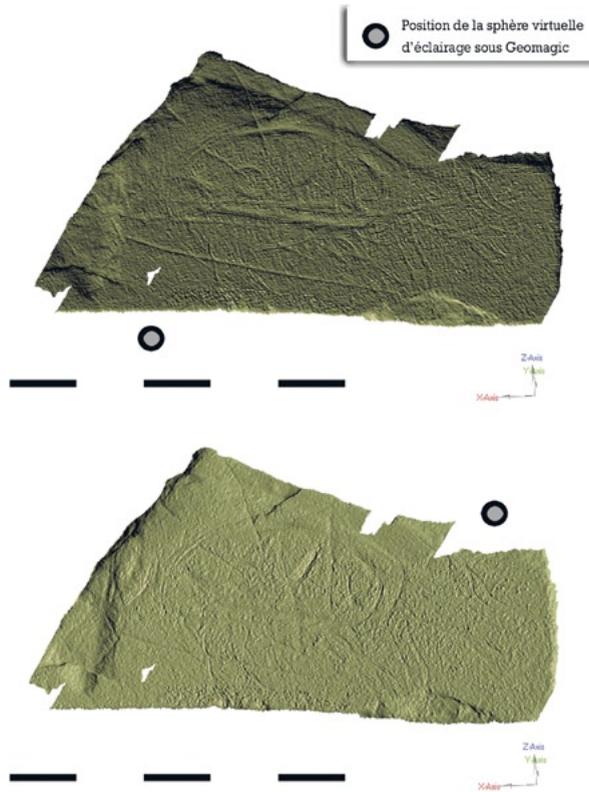


Fig. 4 – Ours gravé, plaquette de la Marche (D50-7-293, collection Musée de l'Homme), photographies virtuelles du scan haute résolution (logiciel Geomagic).

2.1.3 La 3D haute résolution sur les surfaces

Couvrir une surface en haute résolution demande de multiplier les stations d'acquisition. En effet la résolution d'un scanner décroît à une certaine distance. Au vu des impératifs de lecture détaillée des gravures, il est nécessaire ici de limiter le champ de numérisation et de multiplier les stations d'acquisition.

C'est le cas pour les parois gravées de la grotte Blanchard, dont la finesse des gravures se combine avec la relative irrégularité des parois, notamment les zones à cupules ou becs rocheux. Le niveau de précision de capture doit ainsi être d'au moins 500 voire même 50 microns.

Cette précision s'obtient par deux types de technologies: la lumière structurée et la triangulation laser. La numérisation d'une scène se fait de manière séquentielle avec des zones de recouvrement importante (30% minimum). Des premiers aperçus obtenus avec le scanner à bras FARO, dans la grotte des Fraux (Dordogne) ou sur des plaquettes gravées de la Marche, témoignent de potentialités prometteuses; des gravures, même fines (inférieures au mm), sont numérisées (Fig. 4, Pl. X, a).

2.2 De la texture à la 3D: apports de la photogrammétrie

Face aux solutions onéreuses représentées par les scanners, il existe une autre piste: la photogrammétrie. Elle est une bonne réponse aussi aux situations de sites isolés et difficiles d'accès. Le matériel et le mode opératoire constitué d'un appareil photo et un éclairage est facilement maîtrisable. L'ensemble des clichés a été fait au Nikon D3, objectif 14mm, avec flash SB-900 sur l'appareil, et un cache-diffuseur disposé dessus.

Cette technique de capture plus légère permet une couverture rapide et économique d'un site. Les parois des grottes ornées ou des abris-sous roche sont des surfaces irrégulières qui doivent, pour être modélisées, faire l'objet d'un grand nombre de mesures.

L'extraction d'un tel nuage de points pourrait être réalisée par des méthodes automatiques de mise en correspondance des points de corrélation issues de plusieurs photographies. Nous avons utilisé une méthode manuelle de modélisation en attendant l'évolution des techniques semi-automatiques ou automatiques.

2.2.1 Un procédé rigoureux à mettre en œuvre

Le problème de la mise en correspondance est principalement dû aux déformations des objets par la perspective, l'occultation de certaines parties du cadre d'observation et par le manque de texture des surfaces (Fig. 5).

Des points vue rapprochés permettent de minimiser les déformations de la perspective au détriment de la précision de la mesure de profondeur.

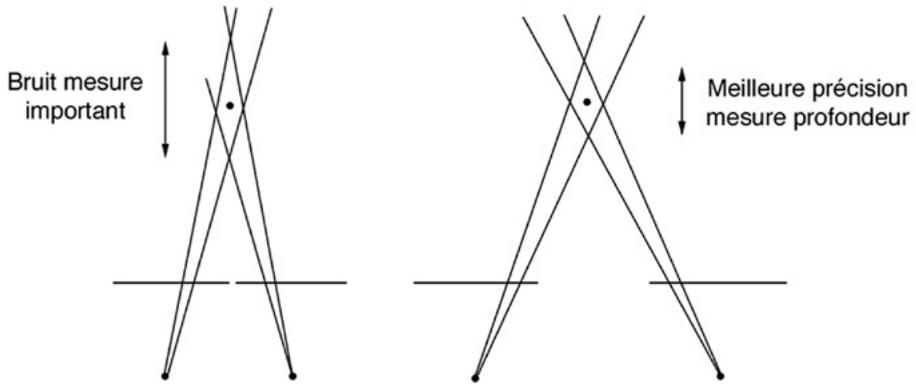


Fig. 5 – Choix entre précision de la mesure de profondeur et déformation par la perspective.



Fig. 6 – Gravures circulaires inscrites dans une cupule de la paroi, vue de face (cliché du haut, E. robert), vue rasante (cliché du bas, D. Vigears).

Chaque zone doit être photographiée sous au moins trois angles avec un recouvrement de 50% entre elles et une uniformisation des éclairages entre les prises de vues. Aucune zone ne doit être omise, la surface doit être photographiée sous différents angles sous peine de ne pas pouvoir faire les calculs de profondeur.

L'emploi d'un objectif grand angle limite le nombre de prises de vues nécessaires. Il faut être attentif aux déformations sur les bords telles que l'image utile se retrouve réduite à la partie centrale. La résolution du capteur et le champ de l'image auront une influence importante sur le résultat.

L'atout de la photogrammétrie est de pouvoir s'adapter à plusieurs dimensions. Nous avons donc utilisé l'appareil photo pour faire deux couvertures photogrammétriques.

Avec les vues générales intégrant sol, parois et plafond de l'entrée jusqu'au fond de la grotte (à l'exclusion du laminoir afin de préserver les sols), nous pouvons recréer le modèle volumétrique.

Avec des vues rapprochées et multipliées, uniquement sur la paroi Nord-Est qui rassemble l'essentiel des représentations graphiques, nous construisons un modèle surfacique. Un des objectifs est notamment l'analyse détaillée des cupules de la paroi dont le pourtour et l'intérieur sont gravés par des séries de traits (Fig. 6).

La dernière échelle de lecture, la plus détaillée, concerne une part originale de l'art du site de la Garenne: les supports lithiques gravés. Il s'agit de supports lithiques, plaquettes ou galets, de petite taille (souvent inférieurs à 15 cm de diamètre), gravés au silex et qui présentent une grande variété de motifs.

3. LA MICROANALYSE DES SURFACES

La diversité des activités tant techniques que symboliques des magdaléniens du site de "La Garenne" se manifeste en effet par la présence, avec les peintures et gravures pariétales, de nombreuses pierres gravées. Il s'agit de blocs, plaquettes ou galets, de petite taille (souvent inférieurs à 15 cm de diamètre), gravés au silex et qui présentent des motifs abstraits et géométriques. Support original de l'art mobilier, une trentaine d'entre elles inédites a été recensée et identifiée (PAILLET 2009) (Fig. 7). Les thèmes comme le support font écho à un site proche géographiquement, celui de la Marche (Vienne). Ce dernier est l'un des plus représentatifs de ces productions, l'un des plus riches pour la gravure magdalénienne (LWOFF 1957, AIRVAUX 2001). Plus de 3000 pierres (ou fragments) gravées sont connues, montrant une iconographie très riche, marquée par la notable proportion de figurations humaines, qui fait l'originalité exceptionnelle de ce site. Ces gravures préhistoriques posent de multiples problèmes d'étude, dont le déchiffrement des incisions fines ou la lecture des traces d'usure ou de raclage (PALES 1969, MELARD 2008).De

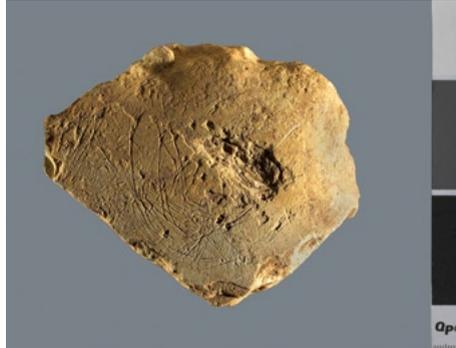


Fig. 7 – Plaquette gravée du Grand Abri de la Garenne (999-60-54-2), motif semi circulaire (cliché D. Vigears).



**Plaquette de la Marche n° P632
Musée Sainte-Croix, Poitiers**

Fig. 8 – Exemple d'un palimpseste sur une plaquette gravée (P632, collection musée de Sainte Croix) du site de la Marche (cliché D. Vigears et D. Bagot).

nature et d'origines différentes elles se superposent sur un même support. Le résultat est un véritable palimpseste de traits (Fig. 8). L'objectif principal de l'analyse est par conséquent la lecture mais surtout le décodage des traces et la restitution de l'histoire des supports et des actions anthropiques qui ont agi sur ceux-ci. Selon la problématique d'étude, l'échelle d'observation se trouve dans une précision entre 0,02 mm (20µm) à 0,500 µm (500nm).

3.1 *Microrugosimètre: techniques et protocoles*

De nombreuses techniques sont à disposition pour affiner la lecture et le relevé des pièces. Pour les études spécifiques aux pierres gravées nous

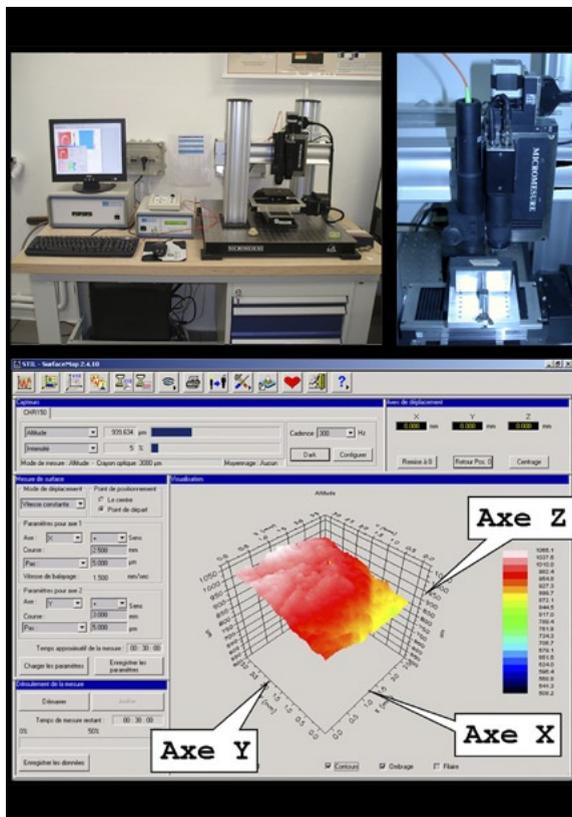


Fig. 9 – Technique de la microscopie confocale (appareillage et logiciel d'acquisition des données).

avons choisi un dispositif de micromesures STIL. Son principe est basé sur la microscopie confocale par codage chromatique à champ étendu (Fig. 9).

La source utilisée est une lumière blanche (polychromatique) focalisée à travers une lentille sur un point de l'objet perpendiculaire au faisceau. Le faisceau réfléchit suivant le même chemin, à travers un filtre spatial. Ainsi la mesure de la hauteur de surface (z) est déterminée.

Le balayage se fait à l'aide d'une table de translation qui fournit les valeurs spatiales x et y. On obtient par ce procédé l'image 3D de la surface point par point (et non par triangulation). Aucun contact avec la surface n'intervient lors de la mesure, qui, elle, est par conséquent complètement non-invasive.

Compte tenu des contraintes imposées par le niveau et la précision de lecture, la technique et les protocoles choisis, l'approche microtopographique nécessite des mesures longues et des traitements de données assez conséquents. Elle est,

de ce fait, à considérer non pas comme un seul moyen de documentation mais constitue un niveau de lecture très détaillé, complémentaire des autres méthodes d'analyse (photographie, observation macroscopique, binoculaire, relevé,...) qui visent à comprendre la nature et la technique des tracés graphiques.

3.2 Les résultats obtenus par la microtopographie

3.2.1 Déchiffrement des gravures

Dans la lecture des gravures les images microtopographiques ont apporté une contribution importante. En effet, les images de synthèse que l'on peut générer à partir des données 3D sont souvent d'une lisibilité supérieure aux originaux et aux photographies. Elles sont produites par la suppression de l'hétérogénéité de couleurs que présentent les surfaces naturelles gravées. Les images de synthèse monochromes accentuent de ce fait fortement les variations de relief de la pierre et particulièrement les gravures (Fig. 10.1, Pl. X, b.1).

Grâce à ce procédé certaines gravures révèlent ainsi leur grande finesse et les détails figuratifs peu visibles sur les originaux.

3.2.2 Lecture technologique des gravures

On obtient des données supplémentaires à l'observation des superpositions présentes sur les pierres gravées. Une première question se pose sur l'ordre chronologique de la production des gravures. A ce titre les recoupements de traits nous donnent des informations précieuses. En effet, lors du passage d'un trait au-dessus d'un autre déjà existant, celui-ci laisse, au sein du sillon antérieur, un certain nombre de traces, voire une empreinte (FRITZ 1999). Sur les images 3D nous pouvons étudier de manière détaillée différentes zones de recoupement afin d'examiner la situation et caractériser les profils de traits (Fig. 10.2, Pl. X, b.2).

3.2.3 La caractérisation des traces d'usure

Autre domaine d'approche sur les pierres gravées, celui concernant l'ensemble des traces d'usure et d'utilisation. Il s'agit de fractures, de stries plus ou moins organisées, de taches rubéfiées (à ne pas confondre avec les restes de colorants), de marques de percussion, de polis ou de plans d'abrasion (Fig. 10.3, Pl. X, b.3).

Ces traces ne sont pas, la plupart du temps, en relation avec les réalisations artistiques sur les pierres. Pourtant, elles se superposent ou s'intercalent aux gravures et sont de ce fait témoins de l'histoire des supports dans le site. Pour les pierres gravées cette notion est particulièrement importante car, à la différence de ce que l'on observe dans l'art pariétal, elles proviennent d'un contexte archéologique du style habitat, révélant ainsi des traces de la vie quotidienne.

Si certaines traces sont visibles à l'œil nu, d'autres d'ordre microscopique nécessitent l'utilisation de techniques d'analyse plus précises afin d'être caractérisées de manière quantitative.

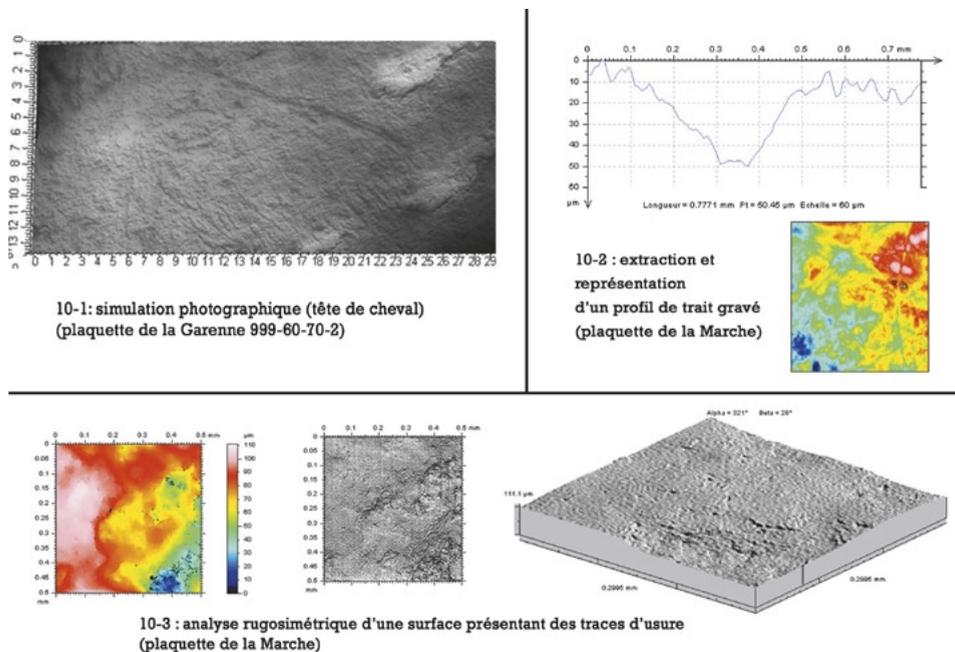


Fig. 10 – Exemples de traitement et d'utilisation des données microtopographiques sur des plaquettes (la Garenne et la Marche).

4. QUELLES APPLICATIONS POUR LES MODELES 3D?

Chaque recherche a ses questions, chaque question à ses protocoles de réponse, chaque protocole a sa technique.

Par cette phrase on peut résumer la problématique à laquelle nous sommes confrontés dans l'étude du site la Garenne-Blanchard. A chaque échelle d'analyse correspondent des objectifs de la recherche, et une méthode d'analyse adaptée.

C'est ce que nous expérimentons pour obtenir un modèle 3D qui réponde à la fois aux objectifs de la conservation et de la recherche.

Pour optimiser le choix des techniques et des protocoles, il est nécessaire de procéder à une évaluation du niveau de connaissances sur les objets d'études et des questions que l'on souhaite résoudre.

C'est à ce stade seulement que l'on obtient les critères de choix de la technique la mieux adaptée à la problématique, quel que soit l'objet de recherche. Les opérations de mise en place du matériel et du choix des paramètres d'acquisition en découlent. Cette démarche est décrite et fixée dans une rédaction de protocole qui peut varier selon les questions posées.

Au-delà de l'enregistrement lui-même, la construction de ces modèles 3D à plusieurs échelles offrent plusieurs perspectives. Des outils de mesure sont ainsi présents dans les logiciels de traitement de nuage de points comme Polyworks, Meshlab, OptoCat ou Cyclone. Les fonctions les plus communes sont des mesures de distance, l'extraction de profil et de courbes de niveau pour la réalisation de plan.

Autre outil incontournable que nous souhaitons associer aux modèles 3D: les Systèmes d'Information Géographique (SIG). Un SIG est un ensemble de données, localisées géographiquement et structurées dans une base de données, et possédant des outils de requête fonctionnelle et des modules de visualisation.

L'objectif ici est d'élaborer un véritable SIG de la paroi, avec référencement des tracés (forme, thème, technique), des données naturelles du support, des phénomènes naturels de la paroi, des données archéologiques, essentiellement les objets fichés.

Toutes ces analyses répondent à des démarches complémentaires, que ce soit la modélisation des grottes (notamment pour la production de fac-similé), la présentation des œuvres (animation photo réaliste, parcours 3D interactif), mais surtout l'analyse des images (mesure des distances, des orientations, organisation spatiale, illustration optimisée des images, objets et logiques de construction comme l'utilisation des reliefs).

L'expérimentation comparée de ces techniques d'étude doit nous conduire à établir un protocole d'analyse adaptable et répliquable sur d'autres sites, en tenant compte de leur spécificité. C'est à cette condition que nous pourrions à la fois faire évoluer la méthodologie de la recherche et apporter des données innovantes à l'étude des ensembles pariétaux préhistoriques.

ERIC ROBERT, PATRICK PAILLET, DENIS VIALOU
Muséum national d'Histoire naturelle, Département de Préhistoire
UMR 7194 Histoire naturelle de l'Homme préhistorique

DANIEL VIGEARS
UMR 171 Centre de Recherches et de Restauration des Musées de France

NICOLAS MELARD
Service Régional de l'Archéologie Nord-Pas-de-Calais
avec la collaboration d'YVES EGELS
Institut Géographique National

BIBLIOGRAPHIE

- AIRVAUX J. 2001, *L'art préhistorique du Poitou-Charentes*, Maison des roches, Paris.
ALLAIN J. 1957, *Nouvelles découvertes dans le gisement magdalénien de la Garenne (commune de Saint-Marcel, Indre)*, note préliminaire, «Bulletin de la Société Préhistorique Française», 54, 3-4, 223-227, 2 fig.

- DESPRIEE J., TYMULA S., RIGAUD A. 2009, *Données récentes sur le Magdalénien de "la Garenne" (Saint Marcel, Indre), la place du Magdalénien "à navettes" en Europe, Actes du colloque d'Argenton sur Creuse (7-9 Octobre 2004)*, Projet collectif de recherche, le Paléolithique de la vallée moyenne de la Creuse, le Coteau de "la Garenne", «Bulletin de l'ASSAAM», n. 2 spécial, Argenton sur Creuse.
- FRITZ C., 1999, *La gravure dans l'art mobilier magdalénien*, Paris, Ed. La maison des sciences de l'homme.
- LWOF S. 1957, *Grotte de La Marche. Iconographie humaine et animale du Magdalénien III*, «Bulletin de la Société Préhistorique Française», 54, 622-633.
- MELARD N. 2008, *Pierres gravées de La Marche à Lussac-les-Châteaux (Vienne). Techniques, technologie et interprétations*, «Gallia Préhistoire», 50, 143-268.
- PAILLET P. 2009, *L'art mobilier sur supports lithiques de "la Garenne" (Saint-Marcel, Indre)*, in J. DESPRIEE, S. TYMULA, A. RIGAUD, *Données récentes sur le Magdalénien de "la Garenne" (Saint Marcel, Indre), la place du Magdalénien "à navettes" en Europe*, 181-200.
- PALES L., SAINT PEREUSE M. 1969, *Les gravures de La Marche. 1 - Félines et Ours*, 1 vol., Publications de l'Institut Préhistorique de Bordeaux, Mémoire 7.
- VIALOU D. 2004, *La grotte ornée Blanchard, Saint-Marcel (Indre)*, in *Le Paléolithique de la vallée moyenne de la Creuse. Le coteau de "la Garenne": Grand Abri et Grotte Blanchard, Etudes 1999-2001*, «Bulletin de l'ASSAAM», Argenton sur Creuse, 69-76.

ABSTRACT

Analysis of prehistoric art is inseparable from the study of its supports, movable or on walls. Increasingly, this topic is included among the research aims of modern studies. The contribution of several techniques of restoration in 3D (scanner/laser, photogrammetry, microtopography, etc.) makes it possible to approach different graphic productions and their areas. Beyond the virtual modeling of wall, or decorated artifacts, it is interesting to make use of an adapted numeric support to incorporate and analyze natural, graphic and archaeological information (nature of area, engravings, paintings, flagged items, etc.). We propose here to make a comparison of each technique, to describe in detail its contribution and complementarity in the research of paleolithic art, using two examples. First, the Blanchard cave (Indre), now being studied as part of the MADAPCA research program subsidized by the Agence Nationale de la Recherche, second, the site of la Marche (Vienne).