



استعمال التقنيات الحديثة في الرفع الثلاثي الأبعاد لمواقع النقوش الصخرية.

The use of modern techniques in the three-dimensional Survey of the sites of rock carving.

ط.د. أحمان فايزة، جامعة زيان عاشور-الجللفة- (الجزائر) ahmanfaiza@gmail.com

تاريخ الاستلام: 2022/04/26 تاريخ القبول: 2024/05/15 تاريخ النشر: 2024/12/01

ملخص:

الرفع عنصر ضروري لا غنى عنه في البحث الأثري، في هذه المداخلة سنرى أن - في العصر الرقمي - أبحاث ما قبل التاريخ تتبنى وسائل ثورية في رفع جداريات النقوش الصخرية من خلال اعتماد الرفع ثلاثي الأبعاد المنجز باستخدام تقنيتي التصوير القياسي ومسح الليزر، في بحثنا سنقوم بمحاولة رفع ثلاثي الأبعاد باستعمال تقنية التصوير القياسي لجداريتين من محطة زكار بالجللفة (الأطلس الصحراوي) نبين من خلالها مراحل إنجاز الرفع ثلاثي الأبعاد من مرحلة جمع للمعطيات إلى التجميع والمعالجة بهدف الحصول على نموذج رقمي ثلاثي الأبعاد للجداريتين، تقنيات الرفع الحديثة تفتح للباحث آفاقا جديدة أولا لأنها تقنيات تعتمد على دقة عالية وتطبيقها في كثير من الحالات يقتصد الجهد والوقت والنتيجة النهائية غالبا جد مرضية.

كلمات مفتاحية: الرفع ثلاثي الأبعاد؛ التصوير القياسي؛ مسح الليزر؛ النقوش الصخرية، محطة زكار.

Abstract :

The survey is an indispensable element in archaeological research. In this communication we will see that - in the digital era - prehistoric research adopts revolutionary means in terms of surveying in decorated rock shelters by introducing the three-dimensional survey carried out by photogrammetry or lasergrammetry, in our communication we will try to make a 3D survey by applying photogrammetry on two engraved walls of the Zaccar station in Djelfa (Saharan Atlas) to demonstrate the stages of the 3D survey such as data acquisition through assembly and processing in order to create a model 3D of the two wall, Modern surveying techniques first open up new horizons for the researcher because they are techniques that depend on high accuracy and their application in many cases saves effort and time and the end result is very satisfying.

Keywords: 3D survey; photogrammetry; lasergrammetry; rock carvings, Zaccar station.



مقدمة:

اعتمد الباحث في فترة ما قبل التاريخ على الرفع الأثري لتسجيل النقوش والرسومات الصخرية بطرق وتقنيات مختلفة، فالرفع يعتبر حجر الأساس في البحث الأثري، ولقد عرفت تقنيات الرفع تطورا كبيرا في الآونة الأخيرة، وهذا راجع لاستعمال تقنيات حديثة تعتمد على الأجهزة الرقمية والأدوات المعلوماتية، وقد أحدثت هذه الأخيرة ثورة في مجال الرفع حيث تمكننا من الحصول على نماذج ثلاثية الأبعاد بعد أن كان الرفع يقتصر على بعدين اثنين، من أبرز تقنيات الرفع ثلاثي الأبعاد تقنية التصوير القياسي (Photogrammétrie) وتقنية تسجيل الليزر ثلاثي الأبعاد (lasergrammétrie).

اعتمد الباحثون أمثال (H.Lohte) على تقنيات الرفع المستعملة سابقا مثل النقل بالورق الشفاف أو التظليل (Estampage) أو القولية أو الرسم الحر أو التصوير الفوتوغرافي لرفع النقوش الصخرية بالأطلس الصحراوي، واتضح مؤخرا أن تقنيات النقل المباشر والتظليل والقولبة تشكل خطرا على حالة حفظ الجداريات فهي مضرّة ومتلفة، كما أنها من جهة أخرى تعطينا نتيجة مقتصرة على بعدين مهملة بذلك البعد الثالث، وانطلاقا مما سبق فإن الهدف من بحثنا هو إيجاد تقنيات رفع آمنة وغير مضرّة، وتحديد إمكانيات استخدامها في دراسة النقوش الصخرية لمنطقة الأطلس الصحراوي وتطبيقها على أرض الواقع للحصول على نماذج ثلاثية الأبعاد لجداريات الفن الصخري بحيث تكون النماذج النهائية ذات نوعية جيدة تتيح فرص القراءة والتحليل. تكمن إشكالية البحث في كيفية تطبيق تقنيات الرفع الحديثة على النقوش الصخرية وهذه الإشكالية تترتب عنها مجموعة من التساؤلات منها: ما هي الأدوات والأجهزة المستعملة في الرفع؟ ما هي المراحل المتبعة لتسجيل المعطيات؟ وما هي مراحل تحليل المعطيات؟ ما مدى نجاعة النموذج النهائي في قراءة النقوش؟ ما هي الصعوبات التي تعترض تطبيق تقنيات الرفع الحديثة؟

لإجابة على الإشكالية والتساؤلات المطروحة حاولنا تطبيق تقنية التصوير القياسي على أرض الواقع كتجربة أولى بإتباع الخطوات والمراحل الواردة في المراجع، وبالاتماد على أجهزة تصوير رقمية للحصول على مسح كامل بالصور الرقمية لجدارية مشهد الصيد بركار والمعروفة بدير الدقاوين، تم التصوير من زوايا مختلفة وعلى ثلاث مستويات : العلوي والأوسط والسفلي وتحصلنا على أكثر من أربع مئة صورة لمجمل



الجدارية، حيث أن كل صورة التقطت تحمل جزءا من سابقتها وجزءا من لاحقتها ليتمكن فيما بعد برنامج تحليل الصور من قراءتها وتركيبها للحصول على نموذج رقمي ثلاثي الأبعاد.

يفترض بعد تطبيق تقنية التصوير القياسي الحصول على نموذج رقمي يمكن أن يعتبر رفعا ثلاثي الأبعاد يشكل نموذجا عمليا يستعمل في قراءة وتحليل نقوش الجدارية ويستعمل أيضا كقاعدة علمية للدراسات والأبحاث الأكاديمية، كما يمكنه أن يشكل توثيقا رقميا للجدارية لمتابعة حالة حفظها بهدف حمايتها.

1.. التقنيات القديمة في رفع النقوش الصخرية:

منذ أولى الاكتشافات عمل الباحثون على رفع الرسومات والنقوش الصخرية التي تعتبر من أهم خطوات دراسة الفن الصخري، وقد اهتم الباحثون بهذه الخطوة واستعملوا لذلك عدة طرق، حيث كان اختيار الطريقة الأمثل يخضع لعدة عوامل منها: حالة حفظ النقوش والرسومات، موقعها وإمكانية الوصول إليها والإمكانيات البشرية والمادية والوقت المستخرين للعملية¹.

في القرن الماضي كانت الأولوية في البحث تعطى لاستنطاق النقوش والرسومات واستخراج أقصى كم ممكن من المعلومات من خلال الجدريات لتحليلها ودراستها ونشر الأبحاث العلمية والتسابق نحو الاكتشافات والسبق العلمي.

حيث كانت تقنيات رفع النقوش والرسومات الصخرية منذ الثلاثينات إلى غاية الثمانينات تعتمد على استعمال الورق الشفاف مباشرة على الجدارية، تبلييل الرسومات بالماء لإبراز ألوانها، إحاطة النقوش بالأفلام أو الطباشير والقولبة، واتضح فيما بعد أن هذه التقنيات تتلف النقوش والرسومات وتؤثر عليها تأثيرا لا رجعة فيه².

¹ Feruglio Valérie, Art rupestre, méthodes d'étude, Papers 24 - L'Art rupestre dans les Caraïbes, Edition: UNESCO, Chapter : Experts internationaux, Editors: Nuria Sanz, Guadeloupe, France, 2008, p :176.

² Duquesnoy Frédérique, Le Quéllec Jean-Loïc, les images rupestres du sahara centrale nouvelles approches nouveaux outils, Les nouvelles de l'Archéologie N° 154, France, 2018 , p :51.



تغيرت أولويات البحث الأثري وتطورت الذهنيات فأصبح شعار الأبحاث تحت لواء حماية الموروث الثقافي، صيانتها والمحافظة عليه وقد حدث هذا التغيير منذ إبرام الاتفاقيات الدولية والمعاهدات تحت ظل المنظمات الدولية مثل منظمة اليونسكو.

وباتت تقنيات رفع النقوش والرسومات الصخرية محظورة منذ الثمانينات لسبب وجيه وهو ثبوت تأثيرها السلبي على الفن الصخري، فكان من الضروري البحث عن تقنيات بديلة تسمح بالرفع دون المساس بحالة حفظ النقوش والرسومات، ولهذا أحدثت تكنولوجيات المعلوماتية الرقمية في السنوات ما بين 1990 و2000 ثورة في مجال توثيق ودراسة الفن الصخري¹.

صورة 01:

من طرق الرفع السابقة إحاطة النقوش بالأقلام.



المصدر: Hachid.M.

¹ Duquesnoy Frédérique, Le Quellec Jean-Loïc, 2018 ; Op.cit, p :51.

صورة 02:

من تقنيات الرفع السابقة تبلييل الرسومات بالماء (mouillage).



المصدر: Hachid.M

2.. تقنيات الرفع الحديثة (ثلاثية الأبعاد):

1.2.. مسح الليزر ثلاثي الأبعاد (la lasergrammétrie):

يعد مسح الليزر ثلاثي الأبعاد (Scan laser tridimensionnel) آخر التقنيات المطورة في دراسة الفن الصخري لإدراج البعد الثالث، حيث استعملت هذه التقنية لأول مرة سنة 1994 في مغارة كوسكي (Cosquer (Bouches-du Rhône)¹، ولكن الهدف من استعمال هذه التقنية هو الرفع الطبوغرافي للمغارة بغاية حجز أشكال وألوان المغارة لكن النقوش والرسومات تم تسجيلها باستعمال التصوير القياسي².

التسجيل ثلاثي الأبعاد يهدف إلى التقاط وإعادة تشكيل مساحات وسطوح سواء كانت طبيعية أو من عمل الإنسان بالأبعاد الثلاثة، وعملية التسجيل تتم ضمن بروتوكول محدد وفق الأهداف المسطرة، بدرجات

¹ Poinçon Geneviève et Al, 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, URL : <http://journals.oenedition.org/insitu.6672> , p:4.

² Bourdier Camille et Al, Technologies 3D appliquées à la sculpture pariétale Magdalénienne, Acte des congrès nationaux des sociétés historiques et scientifiques, 132/1, France, 2008, p:124.



دقة ونسب ارتباط خاضعة لنوع المساحات المراد تسجيلها، حيث تستلزم المساحات الطبيعية تسجيلاً أقل دقة من المساحات المنقوشة أو المرسومة¹.

لتسجيل الرفع الطبوغرافي للمساحات الطبيعية يمكن استعمال ماسح ضوئي (Scanner à temps de vol) أما بالنسبة للمساحات المنقوشة فيستحسن استعمال ماسح ليزر الضوئي بالتثليث (Scanner laser par triangulation)، يتكون التسجيل من قياس مكاني يتم إجراؤه باستخدام مقياس الليزر للمسافة مقترنا بكاميرا رقمية تلتقط الصور الملونة التي سيتم استخدامها في التغليف الأول للنموذج الرقمي. مقياس المسافة ينبعث منه شعاع ليزر يقوم بمسح الجدار حيث توفر كل عملية مسح فحصاً، في الوقت ذاته يسترجع الكمبيوتر المحمول البيانات في شكل ملفات نقاط ذات إحداثيات X Y Z ، وتكمل الصور الفوتوغرافية الرقمية عالية الجودة أفلام الكاميرا الرقمية، من أجل الاستفادة من اللقطات المكيفة مع النمذجة والاستخدام المناسب للنموذج الرقمي².

مسح الليزر ثلاثي الأبعاد له عديد المزايا فهو يعتمد على أجهزة سهلة الحمل والنقل حتى في المناطق الوعرة و يمكن تثبيته في مساحة محدودة، وهي ميزة لا يستهان بها بالنظر إلى طبيعة مواقع الفن الصخري في الأطلس الصحراوي وجبال أولاد نايل، كما أنه يسمح بتغطية مساحات معتبرة إذ أن المسح يشمل جدارية بأكملها رغم كبر حجمها ويقلل من تعدد التسجيلات، حيث أن سعة المسح هذه تحد من تكرار المستندات - الذي لا مفر منه مع أنواع أخرى من التسجيل بتأطير أقل - وبالتالي تفادي مشاكل التجميع والتشوهات الناتجة عنه³.

كما يفيد تسجيل الليزر ثلاثي الأبعاد بشروط الحفاظ على النقوش والرسومات الصخرية والمواقع التي تحاذيها فهو يتم عن بعد دون ملامسة الجداريات، وقدرته العالية على اكتساب وتسجيل المعلومات والبيانات في وقت وجيز تقلل من الحجم الزمني للتسجيل وبالتالي من الأضرار الملحقّة بالمواقع إثر كثرة التردد عليها⁴.

¹ Bourdier Camille et Al, Technologies 3D appliquées à la sculpture pariétale Magdalénienne, 2008 ; Op.cit, p :127.

² Ibid. p :127.

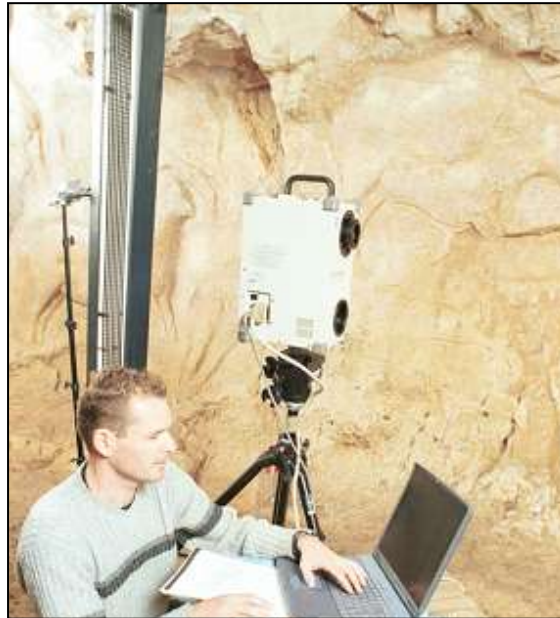
³ Ibid. p :129.

⁴ Ibid. p :129.

ككل تقنية هناك حدود لمجال استعمال مسح الليزر ثلاثي الأبعاد، حيث يحتوي مستشعر الليزر على مجال مسح محدود (في حدود ستة وأربعين درجة)، تسجيل الأحجام المعقدة يتطلب مضاعفة زوايا الرؤية، مما يعقد ويبطئ توطيد النموذج الرقمي من خلال التعديلات العديدة التي يفرضها¹.

صورة 03:

مسح الليزر ثلاثي الأبعاد بالملمح الصخري (Roc-aux-Sorciers).



المصدر: Bourdier.

2.2.. التصوير القياسي (la photogrammétrie):

يعد التصوير القياسي من التقنيات الحديثة المستعملة في الرفع الأثري بصفة عامة وفي رفع النقوش الصخرية بصفة خاصة، يسمح التصوير القياسي بقياس أبعاد الشيء من خلال دراسة نسخه في المنظور بالاعتماد على الصور الفوتوغرافية أو الصور الرقمية، وتعتبر هذه التقنية دقيقة جدا مستعملة في عدة مجالات

¹ Bourdier Camille et Al, Technologies 3D appliquées à la sculpture pariétale Magdalénienne, 2008 ; Op.cit, p :129.



من بينها إعداد الخرائط وفي الهندسة المعمارية وأيضا في علم الآثار خاصة في رفع المعالم الأثرية والفن الصخري¹.

ما يجعل التصوير القياسي وسيلة مهمة بالنسبة للبحث الأثري هو أن البرامج المعلوماتية الخاصة بالرفع الثلاثي الأبعاد في تطور مستمر، يتضح هذا من خلال نماذج منجزة على الآثار المنقولة والثابتة التي تبين مدى نجاعة ودقة هذه الطريقة في تمثيل المادة الأثرية ومن بين ما يحققه التصوير القياسي نذكر ما يلي:

- يساعد على القيام بالرفع الأثري في وقت وجيز وبمعايير دقة عالية خاصة عندما يتعلق الأمر بعلم الآثار الوقائي (في الحفريات الإنقاذية).

- يمكن من الحصول على مقاطع أفقية، عرضية أو شاقولية (Ortho-plan) ويمكن أيضا من جمعها للحصول على صورة شاملة.

- يتيح إمكانية تصور وتقييم المعلومات للتعرف عليها، تحليلها ودراستها دراسة مقارنة، بالاعتماد على رسوم توضيحية ذات جودة عالية.

- يساعد على الجرد العلمي والأرشفة والتوثيق لإدارة الممتلكات الأثرية بمهدف حمايتها والمحافظة عليها.

- يساهم في تامين الممتلك الثقافي من خلال خلق زيارات افتراضية وتصاميم ونماذج رقمية².

تكمن السعة الرئيسية للتصوير القياسي في تسجيل الصورة وبالتالي الكائن بجميع خصائصه (الطبوغرافية والمكانية والأثرية)، الصورة كأرشيف ثلاثي الأبعاد يسمح بجميع عمليات المعالجة أو الاسترداد في وقت لاحق، تظل الدقة حاضرة سواء باستخدام الكاميرات الرقمية أو الكاميرات غير الرقمية، سيكون من الضروري تحديد هندسة الصور التي تعد بعض برامج التصوير القياسي قادرة الآن على المعالجة بطريقة فعالة نسبيا، ومع ذلك فيجب استخدام التنسيقات الكبيرة والعدسات البؤرية الثابتة (objectifs à focale fixe)، من أجل تحسين هندسة الصور³.

¹ Maumont.M, L'espace 3D : de la photogrammétrie à la lasergrammétrie, Communication présentée lors du séminaire Art rupestre : la 3D un outil de médiation du réel invisible, coordonné par l'Institut national du patrimoine, avec la participation de la direction de l'architecture et du patrimoine, Angles-sur-l'Anglin, France, 4- 6 juin 2008, p :7.

² Younsi.S, la photogrammétrie numérique appliquée à l'archéologie et au patrimoine culturel , Revue d'études Archéologiques, vol : 13, n° : 2, 2015, p : 28.

³ Maumont.M, L'espace 3D : de la photogrammétrie à la lasergrammétrie, 2008 ; Op.cit, p : 10.



أول صعوبة يطرحها التصوير القياسي هي أنه يستدعي تقنيات محددة على مستوى التقاط الصور، بالإضافة إلى معالجة المرتجعات غير الآلية، وكذا وقت جمع المعطيات في الموقع (تصوير، إضاءة، عمل البيانات الطبوغرافية)، زيادة على ذلك فإن الطريقة غير قابلة للتطبيق في جميع المواقع (عوائق التنقل، الفضاء والرطوبة وقلة الإضاءة في التحجيف)، على الرغم من أن بعض المتطلبات المادية يمكن تجاوزها بفضل استخدام الرقمنة (الأجهزة الخفيفة، والإعدادات الطبوغرافية) لكن تظل الإضاءة عنصراً مهماً في العملية، ونظراً لكل هذه الشروط (توفير: المختصين، الوقت، المواد والتنفيذ) تصبح العملية مكلفة¹.

3.. النمذجة الرقمية ثلاثية الأبعاد (Modélisation numérique 3D):

في مجال دراسة الفن الصخري والمحافظة على الجداريات بصفة خاصة والموروث الثقافي بصفة عامة، تشكل النماذج الرقمية ثلاثية الأبعاد مورداً هاماً لمختلف المعطيات على عدة مستويات: الدراسة، التحليل، المتابعة، الصيانة والتأمين.

النماذج ثلاثية الأبعاد تتيح إمكانيات مهمة في مجال التحليل المورفولوجي والحجمي للجدارية لا يمكن القيام بها على أرض الواقع نظراً لعوامل عدة (مثل علو النقوش أو وجودها في أماكن صعبة المنال) من بين هذه الإمكانيات نذكر:

- تسهيل عمليات القياس.
- التحكم في العناصر بتفكيك اللوحة إلى مكوناتها لدراسة وتحليل كل عنصر على حدة.
- مقارنة العناصر للتعرف عليها.
- استخراج مقاطع للتحليل التقني².

النمذجة ثلاثية الأبعاد تسمح بتسجيل وفي ودقيق للنقوش من حيث الشكل والأبعاد وتموضعها النسبي الحقيقي، أما القياسات فهي موثوقة ودقيقة، كما يمكن دراسة شكل ومورفولوجيا الجدارية ودورها في إنجاز النقوش وكذا التهيئة المسبقة لتنفيذ النقوش، أما المقاطع المستحدثة على الخط الذي نفذت به النقوش فهي

¹ Maumont.M, L'espace 3D : de la photogrammétrie à la lasergrammétrie, 2008 ; Op.cit, p : 11.

² Abregel Violette et Al, Harmonisation et diffusion des ressources numériques 3D des grottes ornées , In Situ en ligne , 39/2019, mis en ligne le 04 Juin 2019, URL : <http://journals.openedition.org/insitu/21550> , p : 2.



تسمح بتحديد التقنيات والأدوات المستعملة في تنفيذها، وتمكن أيضا من تحديد كرونولوجيا نسبية من خلال ملاحظة توضع النقوش فوق بعضها واستنتاج مراحل إنجاز الجدارية¹.

1.3.. نموذج السطح الرقمي (MNS):

هناك أنواع من النماذج الرقمية من بينها :

- نموذج التضاريس الرقمية (modèle numérique de terrain) واختصاره (MNT) وهو مجموعة من النقاط ثلاثية الأبعاد التي تحتوي فقط على عناصر التضاريس الطبيعية، هذا الملف الرقمي يتضمن معطيات ارتفاع إقليم، في شكل سحابة نقاط غير منتظمة، أو شبكة نقاط مربعة أو مثلثة. يستعمل هذا النوع من النماذج في الطبوغرافيا، الجيولوجيا، الهيدرولوجيا وعلم الآثار أين يبرز هذا النوع من النماذج الرقمية ارتفاعات السطح المتعلقة بالنشاط البشري (كالطرق القديمة، بقايا جدران أو مباني....)².

- نموذج السطح الرقمي (modèle numérique de surface) واختصاره (MNS) هو مجموعة من النقاط ثلاثية الأبعاد التي تحتوي على عناصر التضاريس الطبيعية بالإضافة إلى كل ما هو على الإقليم من مباني ومنشآت، وملفه الرقمي يحتوي معطيات ارتفاع إقليم، في شكل سحابة نقاط غير منتظمة، أو شبكة نقاط مربعة أو مثلثة، والتصنيف الشبه تلقائي لسحابة النقاط الأولية إلى فئات مختلفة (أرضية، مباني، طرق، ماء، نباتات....)، يستعمل هذا النوع من النماذج الرقمية في مجال تخطيط المدن، الاتصالات، تسيير الغابات³ ومؤخرا في مجال الفن الصخري .

النموذج الأنسب لرفع النقوش الصخرية هو نموذج السطح الرقمي حيث يتم التقاط شكل الجدارية الطبيعي ثم يتم تغليف الشكل بالرسومات والنقوش بكل تفاصيلها.

2.3.. مراحل إنجاز نموذج السطح الرقمي:

إنجاز نموذج السطح الرقمي يمر بخمس مراحل هي:

- تجميع ملفات المسح الجزئي على برنامج نمذجة ثلاثية الأبعاد (logiciel de modeling 3D) .

¹ Pinçon Geneviève et Al, De la manipulation des images 3D, 2012 ; Op.cit, p : 7.

² www.altoa.org/fr/produits-mns-et-mnt.html consulté le 12/01/2022

³ www.altoa.org/fr/produits-mns-et-mnt.html consulté le 12/01/2022 à 18:21, Op.cit



- توحيد قاعدة البيانات التي تشكل المصدر المرجعي في شكل سحابة نقاط¹ (nuage de points) بحيث يقوم البرنامج بإجراء عملية حسابية باستخدام المعلومات المشتركة بين الصور ويقوم بالتعرف على البكسل² (Pixel).
- تكيف عدد النقاط مع هندسة السطح المراد نمذجته (le remesh).
- الشبكة (le maillage) وهي منجزة وفق درجة نتوء السطوح الناتجة حسب سحابة النقاط.
- تغليف القاعدة (le mapping)، ويتم بفضل الصور الرقمية عالية الجودة المنجزة لهذا الغرض³.

3.3.. مجالات استعمال النماذج الرقمية ثلاثية الأبعاد:

أهم الأهداف المرجوة في مجال الحفاظ على الآثار وتطوير آليات البحث الأثري هي التوثيق الرقمي لجداريات مواقع الفن الصخري بكل الصيغ المتاحة لذلك سواء بتقنيات التصوير القياسي أو مسح الليزر ثلاثي الأبعاد أو باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، حيث تمكن الرقمنة من إنشاء قاعدة بيانات موحدة على الصعيد الوطني لكل محطات الفن الصخري، فيتسنى لأجهزة الدولة حماية هذه الأخيرة من الاندثار ومتابعة حالة حفظها عن كثب لضمان استمراريتها، كما تسمح للباحثين من دراسة وتحليل ومقارنة مختلف المعطيات⁴ في مجال التثمين والترويج للفن الصخري يمكن استعمال النماذج ثلاثية الأبعاد لإنتاج شرائط وأفلام برسومات الحاسوب (images de synthèse) وخلق مواقع للزيارات الافتراضية⁵، وكذا إنجاز نسخ افتراضية أو حقيقية (fac-similé virtuel ou réel) لرسومات أو نقوش صخرية في عروض متحفية دائمة أو مؤقتة كما هو الحال في أوروبا بالنسبة لعدة نقوش ورسومات صخرية وهذا لحمايتها والحفاظ عليها من جهة ولجعلها متاحة للجمهور من جهة أخرى.

¹ Bourdier Camille et Al, Technologies 3D appliquées à la sculpture pariétale Magdalénienne, 2008 ; Op.cit, p : 127.

² Younsi.S, la photogrammétrie numérique appliquée à l'archéologie et au patrimoine culturel, 2015 ; Op.cit, p : 30.

³ Bourdier Camille et Al, Technologies 3D appliquées à la sculpture pariétale Magdalénienne, 2008 ; Op.cit, p :127.

⁴ Abregel Violette et Al, Harmonisation et diffusion des ressources numériques 3D des grottes ornées , 2019 ; Op.cit, p : 1.

⁵ Ibid. p : 2.



4.. العمل الميداني:

بالنسبة للعمل الميداني وقع اختيارنا على محطة النقوش الصخرية لكرار بالجلفة لأسباب عدة منها: قرب الموقع وسهولة التنقل إليه والمعرفة الجيدة له، توفر الموقع على عدة جداريات صخرية منقوشة من بينها الملجأ الصخري الذي قمنا بالعمل عليه.

1.4.. مرحلة جمع المعطيات:

قبل جمع المعطيات قمنا بضبط بروتوكول خاص بطريقة التصوير لأن أي خلل أو نقص في التغطية الفوتوغرافية سيشكل عائقا أثناء عملية بناء النموذج الرقمي، ونظرا لعدم وجود قواعد ثابتة متبعة في التصوير القياسي حيث أن طريقة التقاط الصور تعتمد أساسا على التجربة، والمسح الفوتوغرافي يخضع عموما لشكل وحجم المستهدف من العملية، فقررنا تقسيم الجدارية إلى ثلاث مستويات: علوي أوسط وسفلي، بحيث نقوم بالتقاط مجموعة الصور للقسم العلوي من اليسار إلى اليمين مع مراعاة أن يظهر جزء من الصورة السابقة في الصورة اللاحقة لتسهيل مهمة البرنامج الذي سيقوم بتركيب الصور وجمعها لإنشاء النموذج الرقمي.

تمت عملية جمع المعطيات بإجراء مسح فوتوغرافي لكل جدارية على حدة، حيث قمنا بتصوير كل جدارية من زوايا مختلفة فأنجزنا للجدارية الأولى 273 صورة وهي الأصغر حجما وطولها حوالي 7 أمتار، أما الجدارية الثانية فكان طولها حوالي 11 مترا فقد قمنا بأخذ 452 صورة، تم ذلك باستعمال آلة تصوير رقمية من نوع (Nikon reflex D7000) مع إتباع بعض القواعد الأساسية لإنجاح المهمة من بينها :

- استعمال حساسية منخفضة لتفادي التشويش في الصور (ISO max 800/sc)

- اعتماد فتحة متوسطة لعدسة آلة التصوير وتجنب الفتحات الكبيرة والصغيرة (ouverture de l'objectif moyenne)

مرحلة التقاط الصور هي مرحلة مهمة جدا في التصوير القياسي (la photogrammétrie) وكل

العمل يعتمد على وضوح الصور وتغطيتها لكل المساحة المراد تذجتها، فأي منطقة لم يشملها التصوير لا يمكن إظهارها في النموذج الثلاثي الأبعاد النهائي وستظهر على شكل فراغ ولهذا يجب الحرص على أخذ كل المناطق المهمة من الجدارية خاصة تلك التي تظهر عليها النقوش الصخرية.

2.4.. مرحلة معالجة المعطيات:

المهدف الأساسي من هذه التجربة هو الحصول على نموذج رقمي ثلاثي الأبعاد للجداريتين ولهذا الغرض تمت معالجة الصور حسب المراحل المتبعة في تقنية التصوير القياسي لإنشاء نموذج السطح الرقمي، باستخدام برامج مخصصة للنمذجة الرقمية عادة مستعملة لهذا الغرض من طرف المختصين في هذا المجال.

في مرحلة المعالجة يتم جمع المعطيات وتجميع ملفات المسح الفوتوغرافي على برنامج نمذجة ثلاثية الأبعاد (logiciel de modeling 3D) ومن ثم توحيد قاعدة البيانات في شكل سحابة نقاط (nuage de points) وقد نتج عن تصوير الجدارية الأولى 28 225 نقطة أما عن تصوير الجدارية الثانية فهناك 658 46 نقطة، بحيث يقوم البرنامج بإجراء حسابات ومقارنة المعطيات المتشابهة بين الصور الفوتوغرافية بالتعرف على البكسل (Pixels).

صورة 04:

مقطع من الصور الفوتوغرافية الملتقطة للجدارية 02.





وبعدها يتم تكثيف عدد النقاط مع هندسة السطح المراد نمذجته (le remesh) للحصول على قاعدة تمثل سطح الجدارية بشكلها المورفولوجي لكن بدون ألوان، وآخر مرحلة تكمن في تغليف القاعدة بألوان السطح الطبيعية (le mapping) وهذا بالاعتماد على الصور الرقمية المنجزة لهذا الغرض في بداية المشروع.

3.4.. مرحلة الاسترجاع والتبليغ (النموذج الرقمي ثلاثي الأبعاد):

بعد أن تمر المعطيات بكل مراحل المعالجة نصل إلى مرحلة الاسترجاع وإظهار النتائج النهائية للعمل في شكل نموذج رقمي ثلاثي الأبعاد لكل من الجداريتين، مع إمكانية أخذ الصور الشاقولية (ortho-photos) لبعض النقوش من النموذج الرقمي النهائي للجدارية، نجاح هذه المرحلة متعلق أساساً بنجاح المرحلة الأولى وهو مرحلة جمع المعطيات حيث يشكل المسح الفوتوغرافي الجيد قاعدة الأساس لإنجاز أي نموذج ثلاثي الأبعاد وظهور الكثير من الفراغات على النموذج النهائي يعني أن هناك اختلالات في طريقة التقاط الصور الفوتوغرافية.

صورة 05:

سحابة النقاط للجدارية 02 (nuage de points).



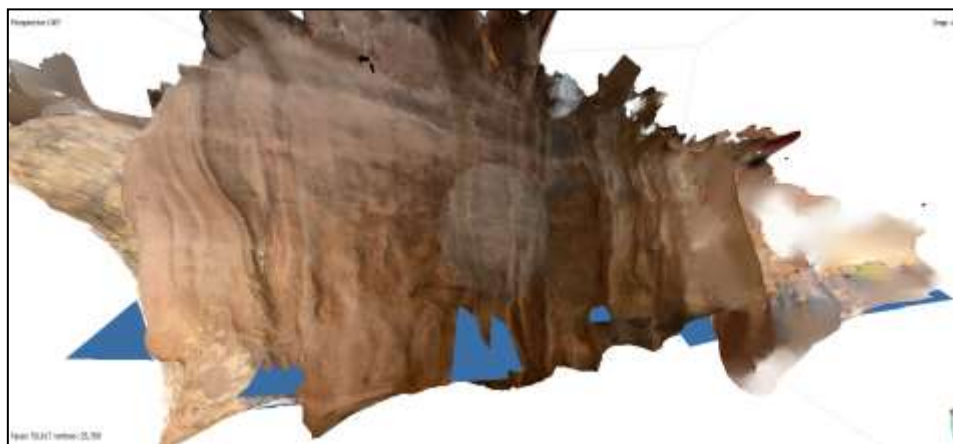
صورة 06:

تكييف النقاط مع هندسة السطح (le remesh) الجدارية 02.



صورة 07:

تغليف القاعدة بالألوان الأصلية (le mapping).



صورة 08:

صورة من النموذج ثلاثي الأبعاد لمشهد الصيد من الجدارية 02.



صورة 09:

صورة من النموذج ثلاثي الأبعاد للجدارية 01.





4.4.. صعوبات العمل الميداني:

لكل عمل ميداني خصوصيته وفي مجال دراسة النقوش الصخرية بالأطلس الصحراوي باستعمال تقنية التصوير القياسي فإن أول الصعوبات تتعلق بتوفر التجهيزات اللازمة لإنجاح العملية وثانيها تكمن في إمكانية استعمالها بالموقع، ونظرا لكون أرضية الملجأ صخرية وغير مستوية تعذر استعمال تريبود (trépied) والذي يؤدي دورا مهما في الحصول على استقرار آلة التصوير.

أهم عنصر في نجاح الصور الفوتوغرافية هو الإضاءة اللازمة والكافية حتى تظهر كل عناصر الجدارية من نقوش وألوان، وكون الملجأ قليل الإضاءة فبعض النقوش لم تكن واضحة على الصور وكان من الأفضل الاعتماد على مصدر إضاءة ثان إضافة إلى الإضاءة الطبيعية.

5.. خاتمة:

تقنيات الرفع الثلاثي الأبعاد الحديثة مثل تقنيتي التصوير القياسي ومسح الليزر هي وسائل جديدة في تطور دائم ومستمر تساعد الباحث في حل العديد من المشاكل التي تعترضه، فالنماذج الثلاثية الأبعاد النهائية تتسم بالدقة العالية وهو ما تتطلبه عملية رفع النقوش الصخرية، كما تساهم في توفير الجهد والوقت لتنفيذ الرفع خاصة في حالة رفع جداريات بمقاسات كبيرة ونقوش متعددة، وتوفر النماذج ثلاثية الأبعاد الناتجة عن المسح إمكانيات لتحليل ومعالجة ومقارنة البيانات التي تم جمعها بطريقة شاملة، فضلا عن ذلك فإن البرامج المعلوماتية تتيح فرصة وضع النقوش الصخرية في إطارها الجغرافي والطبوغرافي بواسطة إدراج معطياتها في برامج نظم المعلومات الجغرافية (SIG)، وهذا ما يسمح مستقبلا بإنشاء قواعد بيانات (base de données) لمواقع الفن الصخري في الجزائر والتي تعتبر وسيلة بالغة الأهمية في مجال الحفاظ على التراث الثقافي وحمايته.

6.. السيليوغرافيا:

- المقالات:

- Abregel Violette et Al, « Harmonisation et diffusion des ressources numériques 3D des grottes ornées », In Situ en ligne , 39/2019, mis en ligne le 04 Juin 2019, URL : <http://journals.openedition.org/insitu/21550>
- Duquesnoy Frédérique, Le Quellec Jean-Loïc, « Les images rupestres du sahara centrale nouvelles approches nouveaux outils », Les nouvelles de l'Archéologie, N° 154, 2018, pages :51-56 .



- Pinçon Geneviève et Al, « De la manipulation des images 3D », In Situ, en ligne 13/2010, mis en ligne le 16 Avril 2012, URL : <http://insitu.revues.org/6814>
- Poinçon Geneviève et Al, « De la frise Magdalénienne in situ ... au centre d'interprétation du Roc-aux-Sorciers : l'usage de la 3D », In Situ En ligne, N°13/2010, mis en ligne le 16 Avril 2012, URL : <http://journals.oenedition.org/insitu.6672>
- Younsi.S, « la photogrammétrie numérique appliquée à l'archéologie et au patrimoine culturel », Revue d'études Archéologiques, vol : 13, N° :2, 2015, pages : 29-33

- المداخلات :

- Feruglio Valérie, Art rupestre méthodes d'étude, World heritage Papers 24 : L'Art rupestre dans les Caraïbes vers une inscription transnationale en série sur la liste du patrimoine mondial de l'UNESCO, Chapter : Experts internationaux, 2008, Editor: Nuria Sanz, UNESCO, Paris, France, pages : 172-178.
- Bourdier Camille et Al, Technologies 3D appliquées à la sculpture pariétale Magdalénienne, Acte des congrès nationaux des sociétés historiques et scientifiques, N°132-1, 2007, Arles, France, pages : 123-142.
- Hachid Malika et Al, Quelques résultats du projet de datation directe et indirecte de l'art rupestre saharien , Internationnal colloquium, The signs of Which Times ? Chronological and Paleoenviromental Issues in the rock Art of Northern Africa, 3-5 june 2010, Royal academy for Overseas Sciences, Brussels, Belgium.
- Maumont.M, L'espace 3D : de la photogrammétrie à la lasergrammétrie, Communication présentée lors du séminaire Art rupestre : la 3D un outil de médiation du réel invisible, 4- 6 juin 2008, coordonné par l'Institut national du patrimoine, avec la participation de la direction de l'architecture et du patrimoine, Angles-sur-l'Anglin, France.

- مواقع الأنترنت :

- www.altoa.org/fr/produit-mns-et-mnt.html consulté le 12/01/2022 à 18:21