

Barnett, T., A. Chalmers, M. Díaz-Andreu, G. Ellis, P. Longhurst, K. Sharpe & I. Trinks (2005) '3D Laser Scanning For Recording and Monitoring Rock Art Erosion', *International Newsletter on Rock Art (INORA)* 41: 25-29

**INTERNATIONAL NEWSLETTER ON ROCK ART**

**INORA**

Comité International d'Art Rupestre (CAR - ICOMOS)  
Union Internationale des Sciences Préhistoriques - Protohistoriques  
(UISPP Commission 9 : Art Préhistorique)  
Association pour le Rayonnement de l'Art Pariétal Européen (ARAPE)

N° ISSN : 1022 - 3282

11, rue du Fourcat, 09000 FOIX (France)  
France : Tél. 05 61 65 01 82 - Fax. 05 61 65 35 73  
Etranger : Tél. + 33 5 61 65 01 82 - Fax. + 33 5 61 65 35 73  
email : j.clottes@wanadoo.fr

Responsable de la publication - *Editor* : Dr. Jean CLOTTESS

**LETTRE INTERNATIONALE D'INFORMATIONS SUR L'ART RUPESTRE**

SOMMAIRE

Découvertes .....	1	..... Discoveries
Techniques .....	16	..... Techniques
Réunion - Compte rendu .....	29	..... Meeting - Account
Sites Internet .....	30	..... Web Sites
Livres .....	30	..... Books

**SCAN 3D AU LASER POUR ENREGISTRER ET SURVEILLER L'ÉROSION DE L'ART RUPESTRE**

Jusqu'à une date récente, l'art rupestre britannique était relativement sous-étudié et méconnu. Depuis quelques années, cela commence à changer. C'est le résultat, d'abord, de nouvelles recherches (Bouhey & Vickerman, 2003 ; Bradley, 1997 ; Waddington, 1998), et de la publication de synthèses résumant les découvertes effectuées (Beckensall, 1999 ; Van Hoek, 2001). D'autre part, à la suite d'un certain nombre d'initiatives de l'Historic Scotland sur le patrimoine gravé (Yates *et al.*, 1999), et, plus récemment, celles du Patrimoine anglais, suscitées par le Projet Pilote d'Art Rupestre (RAPP 2000) et ses recommandations (RAMASES 2000), l'enregistrement, la conservation et la gestion de l'art rupestre préhistorique commencent à être pris beaucoup plus au sérieux par les agences du patrimoine. Les deux volets – recherche et gestion – sont maintenant pris en compte pour présenter et diffuser l'art rupestre au grand public. On le voit dans les expositions sur le sujet lui-même ou qui en traitent en partie – « Cercles de pierres et pierres dressées d'Eden », à Penrith, 2002 ; « Art sur les Roches », à Durham 2002 ; ateliers et exposition « Ce n'est pas figé dans la pierre », à Ilkley, 2004 –, ainsi que lors de récents congrès en 2003 (Edimbourg et Durham [Rainsbury, 2004]) et en 2004 (La British Academy et Newcastle).

Enregistrer, conserver et gérer ne sont pas dissociables de la recherche. Nombre d'études récentes de gravures préhistoriques se sont focalisées sur le contexte environnemental (Bradley, 1997 ; Waddington, 1998). L'étude du paysage dépend en partie d'une affirmation qui n'a pas été vraiment vérifiée : que la répartition des sites dans une zone donnée est aujourd'hui la même qu'aux temps préhistoriques. Cependant, des exemples concrets pour toutes les régions d'art rupestre du Royaume-Uni montrent que cet art souffre de dégradations majeures,

**3D LASER SCANNING FOR RECORDING AND MONITORING ROCK ART EROSION**

*Until recently, British prehistoric rock art has been relatively understudied and undervalued. Over the past few years, this position has begun to change. On the one hand this has been the result of new research (Bouhey & Vickerman 2003; Bradley 1997; Waddington 1998), and the publication of novel syntheses summarising what has been found so far (Beckensall 1999; van Hoek 2001). On the other, following a number of Historic Scotland initiatives on carved heritage (Yates et al. 1999), and more recently English Heritage-led initiatives, set in motion by the Rock Art Pilot Project (RAPP 2000) and its recommendations (RAMASES 2000), the recording, conservation and management of prehistoric rock art is starting to be addressed coherently by heritage agencies. Both strands – research and management – have now been considered when presenting and disseminating rock art to the public. This can be seen in exhibitions focused on or including a significant component of rock art – “Stone Circles and Standing Stones of Eden” exhibition, Penrith 2002; “Art on the Rocks” exhibition, Durham 2002, “Not Set in Stone” workshops and exhibition, Ilkley 2004 – and in the recent conferences in 2003 (Edinburgh and Durham [Rainsbury 2004]) and 2004 (British Academy and Newcastle).*

*Recording, conservation, and management are not independent from research. A number of recent studies of prehistoric carvings have focused on their landscape contexts (Bradley 1997; Waddington 1998). The landscape perspective is partly dependent on an assumption that has not been assessed fully: that the distribution of sites in a particular area today is the same as in prehistoric times. However, anecdotal evidence from all over the rock art areas in the U.K. suggests that rock art is suffering a high degree of degradation in these areas, and there is a gene-*

l'impression générale étant que le taux d'érosion s'est accéléré ces dernières années (Barnett & Diaz-Andreu, à paraître). Cependant, les méthodes utilisées jusqu'ici pour documenter l'art rupestre ne permettent pas de le vérifier. Une des raisons principales est le manque d'enregistrement précis, dû principalement à la documentation en deux dimensions de surfaces essentiellement tridimensionnelles et de volumes. Des imprécisions parfois significatives en résultent (Simpson *et al.*, 2004, fig. 1). Il est important de s'attaquer à ce problème, puisque les enregistrements sont le cœur des recherches et de la gestion des sites. Elles sont une composante essentielle de toute base de données élaborée pour les programmes de recherche et de protection. Ces dernières années, des logiciels commerciaux bon marché ont rendu possible la considération d'autres options comme la création de modèles 3D précis sur la base de photographies utilisant les techniques photogrammétriques (Simpson *et al.*, 2004). Autre option, celle du scan 3D au laser, technique qui, malgré son potentiel, n'a pas été aisément accessible à cause de la cherté du matériel informatique (voir cependant Eklund & Fowles, 2003 ; Goskar *et al.*, 2003). La baisse récente des prix et le développement de logiciels pour des opérations spécialisés et la visualisation en 3D de l'art rupestre l'a rendu plus accessible et a permis d'utiliser cette technique dans le « Projet sur les paysages en danger de l'art rupestre » subventionné par les bourses à faible coût de la British Academy. Pour ce projet, le groupe d'étude sur l'art préhistorique basé au Département d'Archéologie de l'Université de Durham a établi un partenariat avec le Département des Sciences Informatiques de l'Université de Bristol.

#### Enregistrer les gravures préhistoriques

Le site d'art rupestre choisi pour le travail de terrain se trouve à Rombald's Moor dans l'ouest du Yorkshire. La zone est renommée pour sa richesse en gravures préhistoriques, avec plus de 600 pierres ornées, qui furent surtout relevées par la technique du frottage et par photographie (Bouhey & Vickerman, 2003). Le site retenu se situe sur une lande reculée sur terrain privé. Un rocher couvert de nombreuses cupules (pierre 105 in Bouhey & Vickerman, 2003, fig. 1) a été choisi pour être scanné en 3D. Le rocher est situé à une altitude d'environ 288 m ; c'est un grès local (« Millstone Grit »), sur une lande ouverte exposée aux intempéries. La surface porte plus de 60 cupules d'une profondeur comprise entre 1 et 0,5 cm. Toutes montrent les signes d'une importante érosion.

Les gravures ont été enregistrées sur pellicule noir et blanc et avec un appareil numérique Canon D30 capable de prendre des images à haute définition au format TIFF (3,1 millions de pixels). La surface 3D de la pierre a été ensuite digitalisée au scanner laser Minolta 910, avec une précision inférieure au millimètre et un échantillonnage très dense (8,6 millions de points). Cela fut fait au jour, tôt dans l'après midi. Au début, le scanner avait du mal à enregistrer la surface à cause de ses reflets et de l'intensité lumineuse générale trop forte. Le problème fut résolu en tendant un dais de fortune pour projeter une ombre sur la surface. Le scan prit 40 minutes.

Le scanner 3D au laser fut utilisé dans ce projet en conjonction avec un portable pour stocker les données et en contrôler la qualité. Chaque scan requiert de 2 à 3 secondes d'enregistrement et 30 autres pour le transfert à l'ordinateur. En plus des données 3D sur la structure de la surface, une photographie numérique de référence est prise. Pour des sites comme celui-ci, difficilement ou temporairement accessibles, l'utilisation d'un ordinateur

*ral perception that the rate of erosion had accelerated in recent years (Barnett & Diaz-Andreu forthcoming). Yet, the methods so far used for documenting rock art makes this perception extremely difficult to verify. One of the main reasons for this is the lack of accurate recording, due mainly to documentation in two-dimensions of what are essentially three-dimensional surfaces and volumes. This usually results in inaccuracies that can sometimes be significant (Simpson et al. 2004: fig. 1). It is important to address this problem, as rock art recordings are at the core of research and management of rock art sites. They are an essential component of any database formed for research and protection programmes. In recent years, relatively inexpensive commercial software has made possible the consideration of other options such as the creation of precise 3D models from photographs using photogrammetric techniques (Simpson et al. 2004). Another option is that of 3D laser scanning, a technique that, despite its great potential, has not been easily available given the high hardware acquisition costs (but see Eklund & Fowles 2003; Goskar et al. 2003). The recent trend towards lower prices and the development of software for specialised processing and visualisation of 3D rock art has made this work more accessible and has enabled the technique to be used in the "Fading rock art landscapes project" funded by the British Academy – small grant awards. For this project the prehistoric art interest group based in the Department of Archaeology of the University of Durham formed a partnership with the Department of Computer Sciences of the University of Bristol.*

#### Recording the prehistoric engravings

*The rock art site chosen to undertake the fieldwork is situated on Rombald's Moor in West Yorkshire. The area is renowned for its wealth of prehistoric carvings, with over 600 engraved stones currently recorded mainly using rubbing techniques and photography (Bouhey & Vickerman 2003). The site selected is in a remote setting on the moor on private land. A rock covered with many cup marks (stone 105 in Bouhey & Vickerman 2003, Fig. 1) was chosen for 3D laser scanning. The rock is located at an altitude of approximately 288m OD on local sandstone, Millstone Grit, and in open moorland where it is exposed to the prevailing weather. The surface of the rock is engraved with over 60 individual cup marks each between 1.0 and 0.5cm depth. The cupules all show signs of significant erosion.*

*The carvings were recorded using black and white print film and a Canon D30 digital camera capable of capturing images in high quality TIF format (3.1 megapixel). The 3D surface of the rock was then digitised using the Minolta 910 laser scanner, with sub-millimetre accuracy and very dense sampling (8.6 million points). The scanning was performed in bright day light in the early afternoon. Initially the scanner had problems recording the surface due to scattering on the rock's surface and the high level of background illumination. This was overcome using a make-shift canopy to cast a shadow on the surface. The scanning was completed within 40 minutes.*

*The 3D laser scanner was used on this project in conjunction with a laptop for data storage and on site quality control. Each scan requires 2 to 3 seconds to record and a further 30 seconds to transfer to the computer. In addition to 3D data about the structure of the surface a reference digital photograph is taken. For sites such as this, which have difficult accessibility, or which are only available for a short period of time the use of a laptop is*



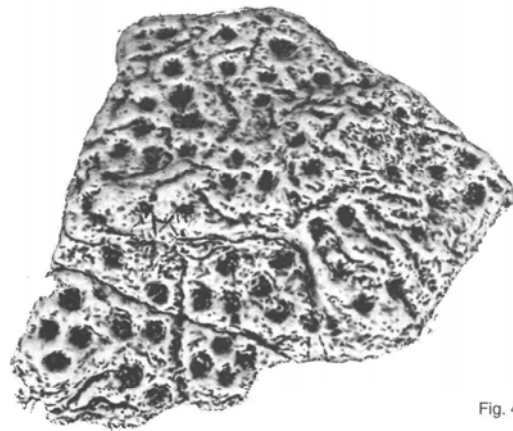
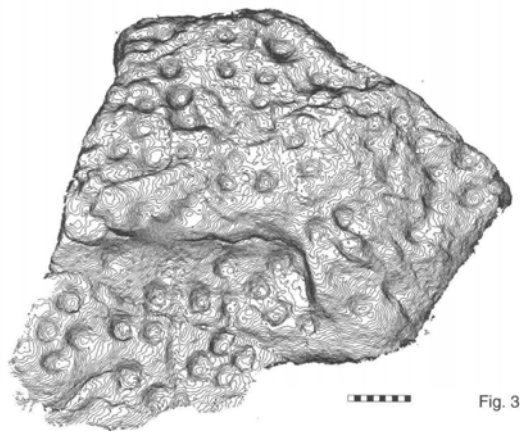
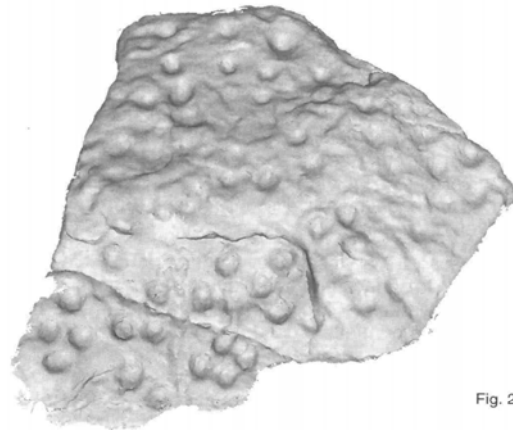


Fig. 1-4. Photographie de la roche gravée 105 de Rombald's Moor (fig. 1). Afin de visualiser ce que donne l'art rupestre en 3D, le rendu filaire et le rendu final de la surface rocheuse en 3D sont montrés fig. 2, tandis que la fig. 3 illustre l'utilisation des courbes de niveau et que la fig. 4 montre le rendu maximal.

Fig. 1-4. Photograph of rock art site 105 of Rombald's Moor with cup marks (Fig. 1). The gridded and rendered 3D surface of the rock is shown in Fig. 2 while Fig. 3 illustrates the use of elevation contours and Fig. 4 shows the maximum curvature colouring as examples for 3D rock art visualisation.

portable est essentielle pour s'assurer de la couverture complète de l'aire d'intérêt avec une densité et une qualité adéquates. Une fois l'équipement installé, chaque scan ne prend que quelques minutes.

Le travail sur les données pour ce projet impliquait leur élagage et le collage des scans individuels en une surface 3D continue, en enregistrant ensemble les éléments séparés. Ceci est d'abord fait grossièrement à vue en sélectionnant les points des scans qui se superposent, et ensuite automatiquement avec un algorithme d'alignement du point le plus proche. Une fois que tous les points de tous les scans sont collés, ils sont globalement alignés et donc triangulés en une maille simple. Ce maillage peut alors être texturé avec des informations couleur prises sur la photographie numérique et préservé sous un des formats courants de fichiers 3D. Les formats choisis incluent des images fixes et des modèles vrml1 les rendant accessibles sur Internet. Nous avons en outre créé plusieurs animations de survol.

Les résultats du scan 3D au laser se trouvent sur le site Web du projet : <http://www.dur.ac.uk/prehistoric.art> (fig. 1-4).

essential to ensure that the entire area of interest is covered in adequate density and quality. Once the equipment is set up, each scan takes a matter of minutes to complete.

Data processing for this project involved the trimming of unwanted data and merging the individual scans into a joint 3D surface by registering the individual elements together. This is done first roughly by eye by selecting similar points on the scans to be joined, and then automatically with a closest point alignment algorithm. Once all the points of all scans have been merged, they are globally aligned and are subsequently triangulated into a single mesh. This mesh may then be textured with colour information taken from the digital photograph and saved in one of the common 3D data file formats. The formats we chose to use include still images and vrml1 models in order to be accessible over the internet. Additionally we created several fly-by animations for the data.

The results of the initial laser scanning can be found on the project website : <http://www.dur.ac.uk/prehistoric.art>

Malgré les avantages évidents de la méthode (vitesse, absence de contact avec la surface rocheuse, densité d'information importante) et l'accessibilité des données sous forme numérique (analyses des données, visualisation et archivage, reconnaissance automatique de formes, facilité de diffusion), il peut y avoir des manques dans les données que l'on doit expliquer. Vu la nature du projet, la décision fut prise de ne pas toucher la roche. Donc, ni lichen ni mousse ne furent ôtés, même si l'on ignore encore s'ils protègent ou s'ils altèrent la roche (Barnett & Diaz-Andreu, à paraître).

Le scan 3D au laser peut produire un modèle digital précis de la surface gravée et fournit des données géoréférencées précises à une résolution inférieure au millimètre, nous permettant donc une évaluation quantitative de l'érosion de surface et de la détérioration de l'art rupestre par comparaison avec les données futures. Notre projet implique un second enregistrement de la même pierre après un an, et d'autres par la suite en fonction des financements. Des recherches en Scandinavie ont révélé que la dégradation de l'art rupestre préhistorique progresse plus rapidement que prévu – perte de matériau d'environ 6 mm/1000 ans sur granite contre 1,5 mm/1000 ans de moyenne au post-glaciaire (Löfvendahl & Magnusson, 2001, p. 48 ; Walderhaug & Walderhaug, 1998). Si le taux de dégradation de l'art rupestre en Grande-Bretagne est aussi élevé, il peut être possible, même en une seule année, d'identifier des desquamations de surface à des niveaux inférieurs au millimètre. L'enregistrement mené jusqu'ici et la comparaison avec de futures mesures autorisera un état qualitatif et quantitatif des processus d'érosion. Cette information est nécessaire pour conserver et gérer l'art rupestre. Elle aidera à protéger et préserver notre patrimoine culturel pour les générations futures autant qu'à fournir une base de données pour la communauté scientifique.

#### Remerciements

Cet article est le résultat du « Projet sur les paysages en danger de l'art rupestre », subventionné par les bourses à faible coût de la British Académie. Les recherches sur l'enregistrement par la technique du scan 3D au laser font aussi partie du projet de prix de l'innovation AHRB « Percée dans l'enregistrement de l'art rupestre : scan tridimensionnel au laser de mégalithes ornés », également conduit par Dr. Margarita Díaz Andreu, Université de Durham. Nous voudrions remercier aussi les propriétaires, MM. Bromet, Consett et Ingham pour nous avoir autorisés à accéder aux sites. Nous souhaitons remercier tout spécialement Robin et Joy Glasier pour leur aide et leur intérêt, Keith Boughey et Bill Godfrey pour leur savoir et leur enthousiasme, Neil Redfern et Gavin Edwards pour leur soutien et conseil, Anthony Barnett pour son incommensurable hospitalité, Alan Chalmers pour sa réactivité et tous les étudiants pour leur dur labeur.

T. BARNETT<sup>1</sup>, A. CHALMERS<sup>2</sup>, M. DÍAZ-ANDREU<sup>3</sup>, P. LONGHURST<sup>2</sup>, G. ELLIS<sup>2</sup>, K. SHARPE<sup>3</sup>, I. TRINKS<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Honorary Research Fellow. Department of Archaeology. University of Durham  
Research assistant of the Fading Rock Art Landscapes Project

<sup>2</sup> Department of Computer Science, University of Bristol, Woodland Rd, Bristol BS8 1UB

<sup>3</sup> Lecturer. Department of Archaeology. University of Durham. Leader of the Fading Rock Art Landscapes Project

<sup>4</sup> Department of Earth Sciences, University of Durham, Durham DH1 3LE

#### BIBLIOGRAPHIE

BARNETT T. & DÍAZ-ANDREU M., *forthcoming*. — Knowledge capture and transfer in rock art studies: result of a questionnaire on rock art decay in Britain. *Conservation and Management of Archaeological Sites*.

BECKENSALL S., 1999. — *British Prehistoric Rock Art*. Stroud: Tempus.

BOUGHEY K. & VICKERMAN E., 2003. — *Prehistoric Rock Art of the West Riding. Cup-and-ring-marked rocks of the valleys of the Aire, Wharfe, Washburn and Nidd*. Leeds: West Yorkshire Archaeological Services.

BRADLEY R., 1997. — *Rock Art and the Prehistory of Atlantic Europe: Signing the Land*. London: Routledge.

(Fig. 1-4). Despite the evident advantages of the method (speed, elimination of the contact with the rock surface, very high information density) and the availability of the data in digital form (data processing, viewing and archiving, automatic pattern recognition, easily distributable) there may be gaps in the data that need to be explained. Due to the nature of the project the decision was taken not to touch the stone. Therefore, no lichens or mosses were removed, despite the ongoing debate on whether they protect or damage the rock art (Barnett & Diaz-Andreu forthcoming).

The 3D laser scanning method is able to produce a precise digital model of the carved rock and provides accurate geo-referenced data in sub-millimetre resolution, thus allowing the quantitative assessment of surface erosion and deterioration of the rock art by comparison with future recordings. Our project involves a second recording of the same stones after one year, and further recordings may be possible at later points in time subject to funding. Investigations undertaken in Scandinavia have revealed that prehistoric rock art decays at a significantly faster rate than expected – an average loss of material of 6.0 mm/1000 years on granite compared to the post glacial average for granite decay of 1.5 mm/1000 years (Löfvendahl & Magnusson 2001, 48; Walderhaug & Walderhaug 1998). If rates of rock art decay are similarly high in Britain, even in a single year it should be possible to identify sub-millimetre levels of material loss from the rock surface. The recording undertaken so far and the comparison with future measurements will allow a quantitative and qualitative assessment of the erosion process. This information is needed for the conservation and management of rock art, it will help in protecting and preserving our cultural heritage for future generations as well as providing a digital database for the scientific community.

#### Acknowledgements

This article is a result of the "Fading landscapes project" funded by the British Academy - small grant awards. Research on recording with laser scanning techniques is also currently undertaken as part of the AHRB innovation award project "Breaking through rock art recording: three dimensional laser scanning of megalithic rock art" also led by Dr Margarita Díaz-Andreu, University of Durham. We would like to thank the landowners, Mr Bromet, Mr Consett and Mr Ingham for allowing access to the sites. We would especially like to thank Robin and Joy Glasier for their help and their interest, Keith Boughey and Bill Godfrey for their knowledge and enthusiasm, Neil Redfern and Gavin Edwards for their support and advice, Anthony Barnett for unstinting hospitality, Alan Chalmers for his rapid response, and all the students who took part for their hard work.

- EKLUND J. & FOWLES P. S., 2003. — Three-dimensional recording by laser scanning of the petroglyphs at Rombald's Moor, West Yorkshire. *Conservation and Management of Archaeological Sites*, 6, p. 11-22.
- GOSKAR T. A., CARTY A., CRIPPS P., BRAYNE C. & VICKERS D., 2003. — The Stonehenge Laser Show. *British Archaeology*, 73, p. 9-15.
- LÖFVENDAHL R. & MAGNUSSON J., 2001. — Research and Development – Degradation and care. In KALLHOVD K. & MAGNUSSON J. eds. — *Rock Carvings in the Borderlands. Bohuslän/Dalsland and Østfold – An INTERREGIIA project – Final Report*. Göteborg and Sarpsborg: Länsstyrelsen Västra Götaland and Østfold County Council, p. 47-72.
- RAINSBURY M., 2004. — Two recent meetings on rock art [Workshop on Recording Rock Art 7.3.2003 and New Developments in British Rock Art, 8.3.2003]. *Past*, 44, p. 5.
- RAMASES, 2000. — *Rock Art Pilot Project vol. II. The Rock Art Management, Assessment, Study and Education Strategy*. Bournemouth and London: University of Bournemouth and University College London.
- RAPP, 2000. — *Rock Art Pilot Project*. Bournemouth and London: University of Bournemouth and University College London.
- SIMPSON A., CLOGG P., DÍAZ-ANDREU M. & LARKMAN B., 2004. — 3D recording of the horseshoe rock art site at Lordenshaws (Northumberland). *Antiquity*, 78.
- VAN HOEK M., 2001. — *The Geography of Cup-and-ring Art in Europe*. StoneWatch Special CD-ROM, Warmsroth: StoneWatch.
- WADDINGTON C., 1998. — Cup and Ring Marks in Context. *Cambridge Archaeological Journal*, 8, 1, p. 29-54.
- WALDERHAUG O. & WALDERHAUG E., 1998. — Weathering of Norwegian rock art – a critical review. *Norwegian Archaeological Review*, 31, 2, p. 119-139.
- YATES T., BUTLIN R. & Houston J., 1999. — *Carved stone decay in Scotland. Assessment methodology handbook*, Edinburgh: Historic Scotland.