

9. Les stratégies actuelles d'exploitation à Karolta, Panaramatee et Sturt's Meadows exigent une attention urgente, si l'art rupestre de ces sites doit être préservé.

10. AIATSIS ne devrait pas allouer ses maigres ressources consacrées à l'art rupestre à dissiper les mystères qui entourent la datation par la méthode de la proportion des cations.

9. Existing management strategies at Karolta, Panaramatee and Sturt's Meadows need urgent attention if the rock art at these locations is to be preserved.

10. AIATSIS should not allocate its scarce rock art resources to solving the mysteries surrounding cation-ratio dating.

A. WATCHMAN - 192 St-Omer - Lévis, Québec - Canada - G6V 5C7

LE POINT SUR LE DATAGE DES PATINES DE GRAVURES RUPESTRES

Dans les régions arides, les gravures rupestres se recouvrent d'une patine (Dorn 1991a) que l'on peut utiliser soit pour estimer les changements dans l'environnement depuis la réalisation de la gravure (Dorn 1991b), soit pour lui attribuer un âge minimum. Cet article présente un compte-rendu rapide des méthodes que j'emploie habituellement dans l'utilisation des patines afin d'attribuer une date minimale aux gravures rupestres.

METHODS PASSEES

Depuis longtemps les patines sont utilisées comme une méthode de datation relative sur un site donné, les chercheurs ayant réalisé que le revêtement de minéraux, argile-fer-manganèse (Potter & Rossman 1977) s'assombrit avec le temps (Basedow 1914). La mise en œuvre de datage par la proportion des cations (Dorn 1983) a permis des expériences visant à attribuer un âge calibré à la patine formée sur des gravures rupestres (Dorn & Whitley 1984). Lors du datage par évaluation des cations, des cations mobiles comme Mg^{2+} , K^+ et Ca^{2+} sont délogés de leur emplacement par le flot aqueux capillaire dans la patine, tandis que Ti^{4+} subsiste (Dorn & Krinsley 1991). Cela a pour conséquence une proportion plus faible des cations ($K^+ + Ca^{2+} / Ti^{4+}$) dans les échantillons de patines. L'observation générale selon laquelle la proportion de ($K^+ + Ca^{2+} / Ti^{4+}$) diminue avec le temps et peut être calibrée avec des dates précises fut ensuite faite dans le monde entier (Glazovsky 1985 ; Harrington & Whitney 1987 ; Pineda *et al.* 1988 ; Zhang *et al.* 1990).

CONTROVERSE SUR LE DATAGE PAR EVALUATION DES CATIONS

On trouve dans la littérature un certain nombre d'objections théoriques et pratiques au datage par évaluation des cations. La plus importante est que l'on doit comparer des environnements de patines similaires et que cela est une tâche très difficile (Dragovich 1984, 1987 ; Dorn 1989 ; Krinsley *et al.* 1990). Le datage par évaluation des cations est une méthode de datage chimique, et, en tant que telle, est soumise à des variations environnementales. Si l'on compare des patines, des environnements ou des flots aqueux capillaires dissemblables, l'on obtient des résultats erronés. Heureusement, les gravures rupestres présentent l'un des meilleurs ensembles de patines sur lesquels on puisse travailler. Les surfaces gravées sont toutes riches des surfaces naturelles qui fournissent une source de bactéries prêtes à coloniser la surface nouvellement exposée (Dorn et Oberlander 1981). En outre, les gravures se caractérisent par des creux allant du mm au cm propices à l'accumulation de matières organiques.

Le Tableau 1 présente une liste abrégée des différents types de patines rocheuses que l'on trouve en terrain aride, classées selon leurs couleurs. Les patines noires sont riches en manganèse, pas les patines oranges. Les patines marron sombre sont chimiquement intermédiaires. Pour les datages par l'évaluation des cations, j'utilise seulement des patines superficielles riches en manganèse et stratifiées. La grande majorité des objections au datage par évaluation des cations visent des échantillonnages de patines erronés, ce qui permet de généraliser à partir de ces résultats. Les deux erreurs les plus communes consistent à prélever des échantillons de patines qui se sont d'abord formées dans des

A REVIEW OF ROCK VARNISH DATING OF ROCK ENGRAVINGS

Rock engravings in arid regions develop a coating of rock varnish (Dorn 1991a) that can serve as a tool to assess environmental change since the engraving was made (Dorn 1991b) or as a tool to assign a minimum age to the petroglyph. This article presents a brief review on the current way I use rock varnish to assign minimum ages to rock engravings.

METHODS PAST

*Rock varnish has long been used as a relative dating method at a given site, where investigators realized the coating of manganese-iron- clay minerals (Potter and Rossman 1977) darkens over time (Basedow 1914). With the advent of cation-ratio dating (Dorn 1983), experiments began on assigning calibrated ages to varnish formed on petroglyphs (Dorn and Whitley 1984). In cation-ratio dating, mobile cations such as Mg^{2+} , K^+ , and Ca^{2+} are leached from locations of capillary water flow in rock varnish, while Ti^{4+} remains (Dorn and Krinsley 1991). This leads to lower cation ratios of $[(K^+ + Ca^{2+}/Ti^{4+})]$ in bulk samples of rock varnish. The general observation that the ratio of $[(K^+ + Ca^{2+}/Ti^{4+})]$ lowers over time and can be calibrated by numerical ages had been replicated world wide (Glazovskiy 1985 ; Harrington and Whitney 1987 ; Pineda *et al.* 1988 ; Zhang *et al.* 1990).*

CONTROVERSIES ASSOCIATED WITH CATION-RATIO DATING

*There are a number of theoretical and practical objections to cation-ratio dating in the literature. The most important is that similar varnish environments must be compared, and this is a very difficult task (Dragovich 1984, 1987 ; Dorn 1989 ; Krinsley *et al.* 1990). Cation-ratio dating is a chemical dating method, and as such is subject to environmental variability. If dissimilar varnishes or leaching environments are compared, erroneous results are obtained. Fortunately, petroglyphs are one of the best varnish systems to work with. Engraved surfaces are next to natural surfaces that provide a source of bacteria to colonize (Dorn and Oberlander 1981) the newly exposed surface. Furthermore, engravings are characterized by millimeter- to centimeter-sized hollows that are appropriate for the collection of organic matter.*

Table 1 presents an abbreviated list of different types of rock varnishes found in drylands, organized by color. Black varnishes are enriched in manganese. Orange varnishes are not. Dusky brown varnishes are between in chemistry. For cation-ratio dating, I only use subaerial varnishes that are enriched in manganese and that are layered.

The vast majority of objections to cation-ratio dating are based on sampling the wrong types of varnishes, and generalizing these results. The two most common mistakes are in sampling varnishes that first formed in rock crevices and were later exposed by rock spalling (a common pro-

fissures rocheuses et furent par la suite exposées à la faveur d'écailllements de la roche (problème fréquent si le chercheur traite des échantillons géologiques), ou des échantillons de patines non stratifiées (problème occasionnel si le chercheur traite des patines sur art rupestre, cf Watchman 1992).

Il est facile de mélanger des pommes et des oranges. Tout comme des roches "granitiques" peuvent paraître toutes pareilles à certains, et toutes les gravures rupestres peuvent sembler réalisées de la même façon à d'autres, les néophytes en matière de recherches sur les patines font souvent l'erreur de penser que toutes les patines sont identiques. Ce n'est pas le cas.

RECHERCHES ACTUELLES

Le datage des patines d'art rupestre a beaucoup changé depuis ses débuts. Le radiocarbone est maintenant la méthode que j'emploie en premier. Dorn *et al.* (1992) présentent une nouvelle méthode pour dater les patines rupestres par le radiocarbone, avec laquelle de petits fragments de matière organique sont échantillonnés sous la patine. Des années d'expérimentation ont montré que les dates ^{14}C obtenues par accélérateur donnent des âges minima pour les gravures sous-jacentes, puisque la matière organique s'est évidemment accumulée depuis la réalisation de l'art rupestre (Dorn *et al.* 1986, 1989, 1992). Autrement dit, les dates des patines par le radiocarbone fournissent la même information qu'une date archéologique en stratigraphie. La date radiocarbone est plus basse que celle de la gravure sous-jacente. Bien entendu, le datage par le radiocarbone de matières organiques sur des surfaces rocheuses en est à ses tout débuts. Notre recherche actuelle a parmi ses buts de vérifier si les matières organiques superficielles sont contemporaines, et d'essayer d'échantillonner des matériaux organiques *in situ* au laser.

Mais, à l'université d'Arizona, nous n'en restons pas aux datages ^{14}C . Nous utilisons aussi deux autres traceurs à signification chronologique : séquences de couches différentes et datage par évaluation des cations. Nous postulons que les gravures rupestres présentant une série complexe de couches ont subi davantage de changements environnementaux et sont en conséquence plus anciennes que les gravures avec moins de couches (cf Dorn 1991b). Nous expérimentons aussi la série uranium, K-Ar, et d'autres de façon à dater les revêtements sur les gravures rupestres.

Je dois insister sur quelques points cruciaux. D'abord, je n'utilise que des patines stratifiées (ou des patines où les couches ont été interrompues ponctuellement par l'érosion). Deuxièmement, dans le meilleur des cas, la patine pariétale donne une date minimum pour la gravure sous-jacente. Troisièmement, en utilisant divers traceurs chronologiques, nous sommes confortés dans notre conviction de ne pas obtenir des résultats aberrants à partir d'une seule méthode.

ECHANTILLONNAGE DE TROUVAILLES D'ART RUPESTRE

Lors de leur travail dans l'est de la Californie, Whitley & Dorn (1987, 1988) ont établi l'existence d'une longue histoire des gravures qui paraissent remonter jusqu'à l'extrême fin du Pléistocène. Cela a été vérifié par la superposition des patines (Dorn 1991b), mais des vérifications par le radiocarbone sont en cours.

Des datations préliminaires par évaluation des cations dans le sud de l'Australie (Dorn *et al.* 1988), révélant un art rupestre de plus de 30.000 ans, ont été vérifiées par des datations ^{14}C , lorsque Dorn *et al.* (1992) découvrirent que trois gravures avaient plus de 30.000 ans par le radiocarbone, et une plus de 36.000 environ. Ces résultats sont également confirmés par le degré relatif du nombre de couches de patines (Dorn *et al.* 1991b).

La vérification la plus rigoureuse des datages par évaluation des cations a été effectuée dans le sud-est du Colorado, où Loendorf (1991) a soumis cette méthode à des tests en aveugle. L'estimation de l'âge radiocarbone de ces gravures rupestres est en cours. D'autres travaux sont menés dans la région (Dorn *et al.* 1990).

blem if the investigator is dealing with geological samples), or in sampling varnishes that are not layered (an occasional problem if the investigator is dealing with petroglyph varnishes, cf. Watchman 1992)

It is easy to mix apples and oranges. Just as "granitic" rocks may all look alike to some, and all petroglyphs may appear to have been manufactured in a similar fashion to others, those new to varnish research often make the mistake in thinking all varnishes are alike. They are not.

CURRENT APPROACH

*Rock varnish dating of petroglyphs has changed greatly since its first use. Radiocarbon is now used as my approach of first choice. Dorn *et al.* (1992) present a new approach to the radiocarbon dating of rock varnish, where small pieces of organic matter are sampled from underneath the varnish. Years testing indicates that accelerator ^{14}C date must be minimum-limiting ages for the underlying petroglyph, since the organic matter must have accumulated after the rock art was made (Dorn *et al.* 1986, 1989, 1992). In other words, varnish radiocarbon ages provide the same information as a radiocarbon date on organics resting on top of archeological material in a stratigraphic section. The radiocarbon date is younger than the age of the underlying petroglyph. Of course, radiocarbon dating of organic matter on rock surfaces is in its infancy. Our present research concerns include trying to assess whether surface organic matter is contemporaneous, and trying to sample organic material in situ with lasers.*

But we don't stop with radiocarbon dating at Arizona State University. We also use two other time-dependent signals : sequences of different layers and cation-ratio dating. We assume that petroglyphs with a more complex series of layers have experienced more environmental changes and are therefore older than petroglyphs with fewer layers (see Dorn 1991b). We are also exploring uranium-series, K-Ar, and other ways of dating the varnish rock coating on petroglyphs.

I must stress a few crucial items. First, I only use layered varnishes (or varnishes where the layering has been interrupted by leaching in places). Second, rock varnish at best provides a minimum age for the underlying petroglyph. Third, by using different time signals, we have greater faith that we are not obtaining anomalous results from one method.

A SAMPLING OF ROCK ART FINDINGS

Working in eastern California, Whitley and Dorn (1987, 1988) have found a long history of engravings that appears to stretch back into the latest Pleistocene. This has been verified with varnish layering (Dorn 1991b), but testing with radiocarbon dating is in progress.

*Early cation-ratio dating work in South Australia (Dorn *et al.* 1988) indicating rock art over 30,000 years has been verified by radiocarbon dating, where Dorn *et al.* (1992) found three engravings were older than 30,000 radiocarbon years, and one older than about 36,000. These findings are also supported by the relative degree of development of varnish layers (Dorn *et al.* 1991b).*

*The most rigorous test of cation-ratio dating has been conducted in southeastern Colorado, where Loendorf (1991) has subjected the method to blind tests. Work is in progress to assess the radiocarbon ages of these petroglyphs. Other work in the region include Dorn *et al.* (1990).*

Les travaux en cours comprennent les datages par évaluation des cations et par le radiocarbone de gravures rupestres dans le Bighorn Basin de l'ouest du Wyoming (avec J. Francis, L. Loendorf, G. Frisom, et M. Bies), dans les Black Hills de l'est du Wyoming (avec A. Tretebas), dans la région Price de l'Utah (avec L. Loendorf et D.-S. Whitley), dans le Petrified Forest NP (avec T. Jones, et F. et A.-J. Bock).

Enfin, il est possible d'utiliser conjointement les datages par évaluation des cations et par le radiocarbone pour fixer des seuils chronologiques minima aux géoglyphes. C'est ce qui fut fait dans la région du Nazca au Pérou, de même que le long du Colorado dans le sud-ouest des Etats-Unis (Dorn *et al.* 1992). Un travail en cours avec P. Clarkson élargit l'envergure de ce projet.

Bref, la datation des patines de l'art rupestre est encore dans une phase expérimentale. Cependant, si on utilise les types convenables de patines les résultats sont prometteurs.

COMMENTAIRES SUR LA JUSTIFICATION DES ECHANTILLONNAGES SUR GRAVURES RUPESTRES POUR LES DATATIONS

Dans *La Pintura* (1991), j'ai insisté sur mon attitude concernant l'échantillonnage sur gravures rupestres en vue de datations. Afin d'éviter des malentendus dans l'avenir, j'en répèterai les points principaux. Premièrement, très peu de matière est prélevée. Les méthodes d'analyse utilisées pour traiter des matériaux à l'échelle du mg coûtent cher, mais diminuent l'impact destructif de l'échantillonnage (il est souvent difficile aux conservateurs de retrouver l'endroit précis où il fut prélevé). Deuxièmement, le chercheur en art rupestre a l'obligation morale de ne prélever que les échantillons les plus petits possibles. D'ailleurs, on doit ménager la possibilité de nouvelles tentatives de datage, car les méthodes actuelles seront améliorées et d'autres plus performantes inventées. Il est évident que, étant donné la ressource culturelle sans prix que constitue l'art rupestre, il faut qu'il reste autant de possibilités d'échantillonnage que nécessaire dans l'avenir. Enfin, un échantillonnage parallèle devrait être mené sur du matériel géologique, et, au moins dans ses phases premières, l'échantillonnage devrait être effectué sous l'œil vigilant d'un archéologue professionnel, puisque les spécialistes du datage ont rarement cette qualification.

Ronald I. DORN - Geography Department - Arizona State University - Tempe AZ 65287 - 0104, USA

Tableau 1. Différents types de patines rocheuses.

I Patines noires (riches en Mn)

A. EN REGIONS DESERTIQUES

1. Positions sub-aériennes que l'on trouve avec en abondance interdigitations avec films de silice
lieux de ruissellements
collection d'eau
microcolonies fongiques
lichen
microchampignons filamenteux
cyanobactéries
dépôts de matières organiques
dépôts de poussières
2. Patines sub-aériennes qui présentent :
trous d'érosion comblés
fractures recomblées de Mn-Fe
déformation interne des niveaux
marques d'abrasion éolienne
concentrations anormales de K, Ca, Ti, Ba
valeurs pH < 6 et > 9
3. A ou à moins de 10 cm de la surface du sol
bande de niveau du sol sur pavage naturel
avec sols cryptogamiques
où le sol s'est érodé
où le sol présente des accumulations

Work in progress includes radiocarbon and cation-ratio dating of petroglyphs in the Bighorn Basin of western Wyoming (with J. Francis, L. Loendorf, G. Frisom, and M. Bies), in the Black Hills in eastern Wyoming (with A. Tretebas), in the Price area of Utah (with L. Loendorf and D.S. Whitley), and in Petrified Forest NP (with T. Jones, and F. and A.J. Bock).

Lastly, it is possible to use a combination of cation-ratio dating and radiocarbon dating to provide minimum ages to geoglyph rock art. This has been accomplished in the Nazca region of Peru, as well as along the Colorado River in southwestern North America (Dorn et al. 1992). Work in progress with P. Clarkson is expanding the scope of the project.

In summary, varnish dating of rock art is still experimental. However, if the right types of varnishes are used results are promising.

COMMENT ON ETHICS OF SAMPLING PETROGLYPHS FOR DATING

In La Pintura (1991), I outlined my approach towards the sampling of petroglyphs for the purpose of dating. To avoid future misunderstandings, I repeat the salient points. First, very little material is collected from petroglyphs. The methods of analyses used to deal with milligram amounts of material are expensive, but this lessens the destructive impact of sampling. (It is often difficult for cultural resource managers who watch the sampling process to relocate the location where the samples were taken). Second, the rock art researcher has an ethical obligation to work towards collecting the smallest possible samples. Concomitantly, material should be left for future dating approaches, as current methods will be refined and superior ones developed. It is obvious that given the priceless cultural resource that is rock art, there should be plenty of material left for future sampling. Lastly, a demonstration of sampling should be conducted on geological material, and at least the first stages in sampling should be conducted with the watchful eye of a professional archaeologist, since those involved in dating are often not so trained.

Table 1. Different types of rock varnishes.

I. Black (Mn-rich) Varnish

A. IN DRYLANDS

1. Subaerial positions that occur with abundant :
Interdigitated with silica skins
Where water runoff occurs
Where water collects
With microcolonial fungi
With lichens
With filamentous fungi
With cyanobacteria
Where organic matter collects
Where dust collects
2. Subaerial varnishes that contain :
Infilled erosional pits
Fractures refilled with Mn-Fe
Internal deformation of layers
Evidence of aeolian abrasion
Anomalous concentrations of K, Ca, Ti, Ba
pH values < 6 and > 9
3. At or within 10 cm of soil surface
Ground-line band in pavement
With cryptogamic soils
Where soil has been eroding
Where soil has accumulated

4. Patines et fissures
5. Anciennes patines en fissures exposées
par écaillage récent
sur talus
par écaillage centimétrique
par désintégration granulaire
6. Fractures dans le bed-rock
7. Face inférieure de galets en pavage
8. Paléosols

B. EN DEHORS DES REGIONS DESERTIQUES

II. Patines oranges (pauvres en Mn)

(Code Munsell 10R4/8, 2,5YR4/6 à 5/6, 5YR7/6 à 7/8)

A. EN REGIONS DESERTIQUES

1. Patines en fissures
2. Bas de galets en pavages
3. Position sub-aérienne
4. Fractures dans le bed-rock
5. Paléosols

B. EN DEHORS DES REGIONS DESERTIQUES

III. Patines bistres (Code Munsell 10R3/3 à 4/4)

A. EN REGIONS DESERTIQUES

1. Patines en fissures
2. Bas de galets en pavages
3. Position sub-aérienne
4. Fractures dans le bed-rock
5. Paléosols

B. EN DEHORS DES REGIONS DESERTIQUES

4. Crack varnishes exposed
5. Former crack varnishes exposed
by recent spalling
on talus
by cm-scale flaking
by granular disintegration
6. Fractures in bedrock
7. Underside of pavement cobbles
8. Paleosols

B. OUTSIDE DRYLANDS

II. Orange (Mn-poor) varnish

(Munsell 10R4/8, 2.5YR4/6 to 5/6, 5YR7/6 to 7/8)

A. IN DRYLANDS

1. Crack varnish
2. Bottom sides pavement cobbles
3. Subaerial position
4. Fractures in bedrock
5. Paleosols

B. OUTSIDE DRYLANDS

III. Dusky brown varnish (Munsell 10R3/3 to 4/4)

A. IN DRYLANDS

1. Crack varnish
2. Bottom sides pavement cobbles
3. Subaerial position
4. Fractures in bedrock
5. Paleosols

B. OUTSIDE DRYLANDS

REFERENCES CITED

- BASEDOW, H. 1914. - Aboriginal rock carvings of great antiquity in South Australia. *Journal of the Royal Anthropological Institute*, 44 : 195-211.
- DORN, R.I. 1983. - Cation-ratio dating : a new rock varnish age-determination technique. *Quaternary Research* 20 : 49-73.
- DORN, R.I. 1989. - Cation-ratio dating of rock varnish : A geographical perspective. *Progress in Physical Geography*, 13 : 559-596.
- DORN, R.I. 1991. - Rock varnish. *American Scientist* 79 : 542-553.
- DORN, R.I. 1991b. - Paleoenvironmental signals in rock varnish on petroglyphs. *American Rock Art Research Journal*, in press.
- DORN, R.I. 1991c. - A discussion on the ethics of sampling petroglyphs for dating. *La Pintura* 18 (2) : 6.
- DORN, R.I., BAMFORTH, D. B., CAHILL, T.A., DOHRENWEND, J.C., TURRIN, B. D., JULL, A. J. T., LONG, A., MACKO, M.E., WEIL, E.B., WHITLEY, D.S., ZABEL, T.H. 1986. - Cation-ratio and accelerator-radiocarbon dating of rock varnish on archaeological artifacts and ndforms in the Mojave Desert, eastern California. *Science*, 223 : 730-733.
- DORN, R.I., CLARKSON, P.B., NOBBS, M.F., LOENDORF, L.L., WHITLEY, D.S. 1992. - Radiocarbon dating inclusions of organic matter in rock varnish, with examples from drylands. *Annals of the Association of American Geographers*, 82 : in press.
- DORN, R.I., JULL, A. J. T., DONAHUE, D. J., LINICK, T. W., TOOLIN, L.J. 1989. - Accelerator mass spectrometry radiocarbon dating of rock varnish. *Geological Society of America Bulletin*, 101 : 1363-1372.
- DORN, R.I., KRINSLEY, D. H. 1991. - Cation-leaching sites in rock varnish. *Geology*, 19 : 1077-1080.
- DORN, R.I., MCGLONE, W.R., and LEONARD, P.M. 1990. - Age-determination of petroglyphs on sandstone, southeast Colorado, using the cation-ratio method of dating rock varnish. *Southwestern Lore* 56 (2) : 21-36.
- DORN, R.I., NOBBS, M., CAHILL, T.A. 1988. - Cation-ratio dating of rock engravings from the Olary Province of arid South Australia. *Antiquity*, 62 : 681-689.
- DORN, R.I., OBERLANDER, T.M. 1981. - Microbial origin of desert varnish. *Science*, 213 : 1245-1247.
- DORN, R.I., WHITLEY, D.S. 1984. - Chronometric and relative age determination of petroglyphs in the western United States. *Annal Association American Geographers*, 74 : 308-322.
- DRAGOVICH, D. 1984. - Desert varnish as an age indicator for Aboriginal rock engravings : a review of problems and prospects. *Archaeology in Oceania*, 19 (2), 48-56.
- DORN, R.I. 1987. Desert varnish and problems of dating rock engravings in western New South Wales, *Archaeometry : Further Australasian Studies*, ed. W.R. Ambrose and J.M. Mummery. ANU : Canberra, 28-35.
- GLAZOVSKIY, A.F. 1985. Rock varnish in the glacierized regions of the Pamirs', *Data of Glaciological Studies (Moscow)*, 54, 136-141 (in Russian).

- HARRINGTON, C.D. and WHITLEY, J.W. 1987. - Scanning electron microscope method for rock-varnish dating, *Geology*, 15, 967-970.
- KRINSLEY, D., DORN, R.I., ANDERSON, S. 1990. - Factors that may interfere with the dating of rock varnish. *Physical Geography*, 11 : 97-119.
- LINICK, T. W., DAMON, P.E., DONAHUE, D.J., JULL, A.J.T. 1989. - Accelerator mass spectrometry : the new revolution in radiocarbon dating. *Quaternary International* 1 : 1-6.
- LOENDORF, L.L. 1991. - Cation-ratio varnish dating and petroglyph chronology in southeastern Colorado. *Antiquity*, 65 : 246-225.
- NOBBS, M., and DORN, R.I. 1988. - Age determinations for rock varnish formation within petroglyphs : cation-ratio dating of 24 motifs from the Olary region, South Australia. *Rock Art Research*, 5 (1) : 108-146.
- PINEDA, C.A., JACOBSON, L., PEISACH, M. 1988. - Ion beam analysis for the determination of cation-ratios as a means of dating southern African Rock Varnishes. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*, B35 : 463-466.
- POTTER, R.M., ROSSMAN, G.R. 1977. - Desert varnish : The importance of clay minerals. *Science*, 196 : 1446-1448.
- WATCHMAN, A. 1992. - Doubtful dates for Karolita engravings. *Australian Aboriginal Studies*, in press.
- WHITLEY, D.S. and DORN, R.I. 1987. - Rock art chronology in eastern California. *World Archaeology* 19 : 150-164.
- WHITLEY, D.S., 1988. - Cation-ratio dating of petroglyphs using PIXE. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research* B35 : 410-414.
- ZHANG, Y., LIU, T., LI, S. 1990. - Establishment of a cation-leaching curve of rock varnish and its application to the boundary region of Gansu and Xinjiang, western China. *Seismology and Geology (Beijing)*, 12 : 251-261.

DATATION DE L'ART RUPESTRE PRÉHISTORIQUE PAR LASER : NOUVELLE MÉTHODE D'EXTRACTION DES VESTIGES DE MATIÈRES ORGANIQUES

Jusqu'à présent, trouver les restes de matières organiques des peintures sur roches était la difficulté majeure pour la datation absolue de l'art rupestre. De récentes méthodes analytiques et des recherches pétrologiques ont permis de découvrir que des motifs peints ont le potentiel approprié pour la datation, puisqu'ils contiennent des substances organiques identifiables. Les coupes transversales des roches et des peintures révèlent souvent des couches micro-stratigraphiques contenant des particules de charbon de bois, d'acides gras et des minéraux d'oxalate qui peuvent être datés. Le problème est donc d'extraire, sans contamination, les substances contenant du carbone tout en respectant leur micro-stratigraphie.

On a pensé que la meilleure façon d'extraire les matières organiques pour datation par la méthode AMS carbone-14, est de concentrer un rayon laser pour brûler directement les substances organiques in situ, recueillir ensuite le gaz de dioxyde de carbone et convertir ce carbone en graphite. Voici, brièvement décrit, le mode d'opération de ce système original de focalisation d'un laser. Une coupe de la roche contenant les matières organiques est placée dans une chambre de micro-combustion, spécialement construite pour le vide absolu et remplie d'oxygène pur. A travers une fenêtre située sur les parois de la chambre, un rayon cohérent de laser est dirigé par un arrangement de prismes et focalisé par une lentille sur la zone choisie de l'échantillon. Généralement il est fixé à 0,01 mm.

L'énergie du laser est instantanément absorbée par les matières organiques et se transforme en chaleur suffisante pour la combustion. Le gaz de dioxyde de carbone généré par cette combustion se retrouve emprisonné dans un tube de verre immergé dans de l'azote liquide. Dans une autre étape, le dioxyde de carbone sera converti en graphite pour la spectrométrie de masse-AMS.

Pour contrôler la région à brûler, l'opérateur observe le positionnement du laser sur l'échantillon à l'aide d'un microscope. Une structure X-Y, fixée à la chambre de combustion, permet le déplacement de l'échantillon sous le laser. Par cette procédure, il est possible de dater la matière organique contenue dans une couche spécifique ou une zone déterminée de l'échantillon. De multiples coupes transversales parallèles peuvent aussi s'exécuter sur l'échantillon pour fournir une série de dates micro-stratigraphiques.

DATING PREHISTORIC ROCK ART BY LASER : A NEW METHOD FOR EXTRACTING TRACE ORGANIC MATTER.

Until now, finding trace amounts of organic matter in rock paintings was the main difficulty for absolute dating prehistoric rock art. Recent analytical techniques and detailed petrological research have discovered motifs suitable for dating because they contain identifiable organic substances. Cross-sections of rock surfaces and paintings often reveal micro-stratigraphic laminations containing charcoal particles, fatty acids and oxalate minerals, all of which can be dated. The problem has been to extract these carbon-bearing substances, without contamination, while maintaining their micro-stratigraphic integrity.

It was thought that the best way of extracting the carbon, for AMS carbon-14 dating, was by using a laser to burn the organic matter in situ, collect the gas and convert the carbon dioxide into graphite. We briefly report here the development of that innovative, focused laser system. A cross-section containing organic matter is placed in a specially constructed, vacuum-tight, micro-combustion chamber and the chamber is filled with pure oxygen. An array of prisms directs, and a lens focuses, coherent laser light through a window in the chamber onto a selected area of the sample. The diameter of the laser at the focal point is varied by simply changing a lens, but generally that diameter is 0.01 mm.

The light energy of the laser is instantly absorbed by the organic matter and transformed into sufficient heat energy for combustion. Carbon dioxide, generated from that combustion, is collected in a glass tube immersed in a liquid nitrogen "trap". The gas is converted into a graphite AMS target in another process.

To control the area burnt by the laser the operator positions the focused beam on the sample with the aid of a microscope. An X-Y stage, fitted to the combustion chamber, permits movement of the sample under the laser. Using that procedure makes it possible to date the organic matter in a lamination in a sample. Multiple parallel transects can also be carried out on the same small specimen to provide a series of micro-stratigraphic dates.