

RÉCENTES DATES RADIOCARBONE
AVEC ACCÉLÉRATEUR POUR DES GRAVURES

Les spécialistes d'art rupestre sont unanimes à reconnaître à la fois l'importance et la difficulté des datages chronométriques directs. Le retrait de la technique de datage des patines par accélérateur (Dorn, 1996a, 1996b, 1997, 1998 ; Welsh & Dorn, 1997 ; Watchman, 1999¹ fut donc un échec malencontreux après une dizaine d'années de recherches dans ce domaine. Des dates AMS récemment publiées pour des patines (Huyge, 1998 ; Huyge *et al.*, 2001 ; Watchman, 2000) présentent en conséquence un grand intérêt pour les chercheurs en art rupestre du monde entier, mais avec de fortes réserves. Ceci nécessite une mise en perspective.

Le retrait de cette technique a été causé par la découverte que la matière organique piégée dans et sous la patine de la roche (et d'autres patines rocheuses) était hétérogène par sa nature, son ancienneté et donc son origine. La possibilité que ces éléments organiques puissent être hétérogènes et ne pas convenir à la technique de «prélèvement global» alors utilisée fut avancée en premier par Ronald Dorn dans le cadre d'une demande de crédits à la NSF en 1992 (Dorn & Loendorf, 1992). Le subventionnement pour approfondir ce problème potentiel ne lui fut pas attribué avant 1995, alors qu'il menait une recherche sur les gravures de Foz Côa au Portugal. A Côa, Dorn fit un essai en aveugle avec Watchman et tous deux obtinrent des résultats équivalents : au moins deux types différents d'éléments organiques étaient associés aux patines recouvrant les gravures. Comme Watchman (1997, p. 7) l'a écrit : «Des dates sur des fractions séparées de ces composants donnent des résultats qui traduisent la présence de carbone ancien (près de 30 000 ans) et récent, mais les mélanges des deux composants donnent des résultats d'en moyenne 4 500 ans». Malgré cela, Watchman (1995a, 1995b, 1996) a affirmé que la moyenne d'environ 4 500 ans est l'âge correct des gravures portugaises, tandis que Dorn (1997) assurait que cette technique ne marchait pas et que les gravures de Côa pouvaient bien être paléolithiques et avoir 18 000 ans ou plus. La recherche archéologique et les observations faites à Côa ont validé cette conclusion de Dorn (Clottes, 1995 ; Zilhão, 1995 ; Baptista, 1999 ; Herscher, 2000).

Hétérogénéité des éléments organiques des patines

D'autres recherches sur l'hétérogénéité des éléments organiques des patines furent publiées par Beck *et al.* (1998), lorsqu'ils analysèrent le carbone de 42 des échantillons globaux (surtout géologiques) de Dorn, et qu'ils firent 16 datages sur deux ou trois types de carbone qu'ils

1. La répudiation sans réserve par Watchman du datage des patines par AMS a été présentée verbalement lors d'une communication encore inédite donnée à la réunion annuelle de la Society for American Archaeology à Chicago (1999). En furent témoins le premier auteur, plus les Professeurs Marvin Rowe et Lawrence Loendorf, qui en discutèrent longuement les implications après cette présentation. Après la publication des dates AMS égyptiennes (in Huyge *et al.*, 2001), la question de savoir si Watchman a à présent rejeté sa répudiation de 1999 pour cette technique (et si oui, pourquoi) n'a pas de réponse claire. Ce qui est clair, en revanche, c'est la confusion ainsi créée par la dénonciation simultanée de la technique et la publication de nouvelles datations.

RECENT AMS RADIOCARBON
ROCK ENGRAVING DATES

Rock art specialists are unanimous in acknowledging both the difficulty and importance of direct chronometric dating. The retraction of the AMS radiocarbon rock varnish dating technique (Dorn 1996a, 1996b, 1997, 1998; Welsh and Dorn 1997; Watchman 1999¹) was thus an unfortunate set-back to a decade of petroglyph research. Recently published AMS varnish ages (Huyge 1998; Huyge et al. 2001; Watchman 2000), as a result, are of great interest to rock art researchers worldwide but warrant a strong cautionary comment. This necessarily begins with some background.

The retraction of the AMS varnish dating technique resulted from the discovery that the organic matter trapped in and under rock varnish (and other rock coatings) was heterogeneous in nature, age and therefore origin. The possibility that these organics might be heterogeneous and unsuitable for the "bulk sampling" then employed by the technique was first raised by Ronald Dorn in a 1992 NSF grant proposal (Dorn and Loendorf 1992). Funding to investigate this potential problem was not received by Dorn until 1995, during research on the Foz Côa, Portugal, engravings. At Côa, Dorn conducted a blind-test with Alan Watchman, and both obtained equivalent results: at least two different types of organic carbon were associated with the rock coatings over the petroglyphs. As Watchman (1997:7) stated: "Dates on separate fractions of these components give dates reflecting modern and old carbon (almost 30,000 years), but mixtures of the two components give results that average about 4500 years." Despite this disclaimer Watchman (1995a, 1995b, 1996) has argued that the average of about 4500 years is the correct age of the Portuguese engravings, whereas Dorn (1997) contended that the technique was not working and that the Côa engravings might be truly Paleolithic, 18,000 or more years in age. Archaeological research and observations at Côa (Clottes 1995; Zilhão 1995; Baptista 1999; Herscher 2000) have supported Dorn's conclusion.

Varnish Organic Heterogeneity

Further investigation of rock varnish organic heterogeneity was published by Beck et al. (1998), who analyzed the carbon in 42 of Dorn's (mostly geological) bulk samples, and ran 16 AMS ages on two of three carbon types they identified therein. The analyses of this Univer-

1. Watchman's (1999) unqualified retraction of AMS varnish dating was presented verbally in an as-yet unpublished paper given at the annual Society for American Archaeology meetings in Chicago. It was witnessed by the senior author in the company of Professors Marvin Rowe and Lawrence Loendorf, who discussed its implications in some length immediately after the presentation. Given the publication of the Egyptian AMS dates (in Huyge *et al.* 2001), it is unclear whether Watchman has now retracted his 1999 retraction of the technique and, if so, why this has occurred. What is clear, however, is the confusion created by Watchman's simultaneous retraction of the technique and publication of additional dating results.

y identifièrent. Les analyses de ce labo AMS de l'Université de l'Arizona (US) et de ses collaborateurs montrèrent que 14 des échantillons de Dorn (33 %) comprenaient un mélange de vitrinite (carbone noir et luisant, produit diagenétique de la décomposition du bois, cf. fig.) et de l'inertinite (tissu ligneux à l'apparence brûlée, lui aussi produit diagenétique de la décomposition du bois). Sur 28 échantillons (66 %), l'inertinite mais non la vitrinite fut identifiée ; 6 autres (14 %) contenaient aussi un troisième type de carbone, des fibres provenant de plantes (Maricopa County Superior Court 1999-2001²). Comme l'analyse du labo de l'UA l'a montré, le carbone organique associé à la patine varie par nature³ ; cela confirma les rapports de Dorn sur la présence de ces trois types de carbone dans certains de ses échantillons (Nobbs & Dorn, 1993 ; Dorn, 1996a, 1996b, 1997). En outre, 8 dates pour chacun furent effectuées sur des échantillons partagés pour deux des trois types de carbone identifiés : la vitrinite et l'inertinite. Les âges non calibrés de la vitrinite allèrent de 27 520 ± 1500 à 40 030 BP. Ceux de l'inertinite allèrent de la période post-bombe atomique jusqu'à 19 300 ± 120 BP. Cependant, en raison d'une contamination accidentelle en 1996 dans le labo de l'UA, pour un échantillon dont le niveau de radioactivité était à 6000 % moderne et qui a pu affecter environ 500 échantillons en cours, la date fiable la plus récente pour l'inertinite fut de 772 ± 86 BP (Maricopa County Superior Court 1999-2001).

Notons, cependant, que la date de 19 300 BP pour l'inertinite (ETH12813) provient d'un échantillon pour lequel il ne fut pas possible d'obtenir une date séparée pour la vitrinite, mais dont l'âge global fut seulement de 13 000 ± 100 BP (*ibid.*). Cela indique que le composant de vitrinite de cet échantillon a des chances d'être holocène, c'est-à-dire significativement plus récent que l'inertinite dans ce cas particulier, puisqu'il donne un âge global plus récent d'environ un tiers que celui obtenu sur le tissu

2. Cette citation se réfère aux arguments, données et documents légaux classés dans le dossier Dorn vs. Beck *et al.*, CV99-11443. Il inclut des copies de notes de laboratoire, des rapports et des documents analytiques, ainsi que des correspondances électroniques entre plaignants, défenseurs et autres chercheurs entre 1996 et 1999. Il se trouve conservé dans le bureau du Maricopa County Clerk, Superior Court of Arizona, 201 W. Jefferson, Phoenix, AZ 85003, où il est accessible en tant que document officiel.

3. Watchman a prétendu que les échantillons de Dorn comprenaient un mélange de charbon de bois et de charbon bitumineux et il a écrit : « Il apparaît qu'un processus naturel ne fut pas le seul facteur contributif à l'incorporation de charbon de bois et de charbon bitumineux dans ces échantillons de patines » (Watchman, 2000, p. 272). C'est-à-dire, en raison d'un mélange présumé de charbons d'origines différentes, Watchman accuse Dorn d'avoir truqué les échantillons. En fait, l'analyse publiée de Beck *et al.* (1998) pour les composants les plus anciens des échantillons de Dorn démontre sans appel qu'il ne s'agissait pas d'antracite ou de charbon bitumineux, contrairement à ce qu'en dit Watchman (ainsi que le journal cité par Watchman pour étayer son propos diffamatoire). Ce fait est corroboré par l'étude indépendante et sous contrôle d'Arrowsmith et Rice (1997) sur le charbon associé aux patines, qui a prouvé que l'inertinite et la vitrinite se trouvent ensemble, par des processus naturels, dans les patines, et qui a montré que la vitrinite de leurs échantillons et celle dans ceux de Dorn était la même. Cela signifie que leur étude démontre de façon concluante que les carbonés identifiés indépendamment par le labo de l'UA dans les échantillons de Dorn sont exactement ceux que l'on s'attend à trouver dans des échantillons valides. De façon plus troublante, dans une correspondance électronique avec Beck, datée du 4/08/97, Watchman a discuté de la vitrinite en relation avec les échantillons de Côa (Maricopa County Superior Court 1999-2001). La prétention de Watchman selon laquelle les échantillons de Dorn seraient frauduleux en raison d'un mélange de charbons différents, ne peut donc s'interpréter que comme a) un effort délibéré de tromper ses lecteurs et de diffamer Dorn ; ou b) la conséquence du manque de connaissances de Watchman en pétrologie des charbons ; ou c) une combinaison des deux.

of Arizona (UA) AMS lab and their collaborators showed that 14 (33 %) of Dorn's samples consisted of a mixture of vitrinite (a dark, shiny carbon that is a diagenetic product of wood decay; see Fig. 1) and inertinite (charred-looking woody tissue, likewise a diagenetic wood product); in 28 samples (66 %) inertinite but not vitrinite was identified; and 6 of the samples (14 %) also contained a third carbon type, plant fibers (Maricopa County Superior Court 1999-2001²). As the UA lab analysis made quite clear, the organic carbon associated with rock varnish is variable in nature³, and it confirmed Dorn's earlier reports for the presence of these three carbon types in some of his samples (Nobbs and Dorn 1993; Dorn 1996a, 1996b, 1997). Furthermore, 8 dates apiece were run on splits of two of the three identified carbon types: vitrinite and inertinite. The vitrinite ages (uncalibrated) extended from 27,520 ± 1500 to > 40,030 RYBP. The inertinite ages ranged from post-bomb to 19,300 ± 120 RYBP but, because of a 1996 contamination event in the UA lab, involving a sample whose radioactivity level was 6,000% modern and which potentially effected about 500 samples in process, their youngest reliable inertinite age was 772 ± 86 RYBP (Maricopa County Superior Court 1999-2001).

Note, however, that the 19,300 RYBP age on inertinite (ETH12813) is from a sample where no split age on the vitrinite could be obtained, yet which had a bulk sample age of only 13,000 ± 100 RYBP (*ibid.*). This indicates that the vitrinite component of this sample is likely Holocene in age; that is, significantly younger than the inertinite in this particular case, in order to yield a bulk age that is about one-third younger than the age on the charred-looking woody tissue. Vitrinite ranging from <10,000 (Holocene) to

2. This citation refers to the legal arguments, evidence and documents filed in Dorn vs. Beck *et al.*, CV99-11443. It includes copies of lab notes, reports and analytical results, as well as e-mail correspondence between and among the plaintiff, defendants and other researchers from 1996 to 1999. It is on file at the Maricopa County Clerk's office, Superior Court of Arizona, 201 W. Jefferson, Phoenix, AZ 85003, where it is available as a matter of public record.

3. Watchman has claimed that Dorn's samples consisted of a mix of charcoal and bituminous coal, stating that: "it is apparent that a natural process was not the only contributing factor by which charcoal and bituminous coal were incorporated in those varnish samples" (Watchman 2000:272). That is, because of a putative mix of coal and charcoal, Watchman accuses Dorn of creating fraudulent samples. In fact, Beck *et al.*'s (1998) published analysis of the older carbon component of Dorn's samples demonstrates conclusively that it is not bituminous or anthracite coal, contrary to Watchman's statement (and thus the news report that Watchman cites to promote this defamatory claim). This fact combines with Arrowsmith and Rice's (1997) independent and controlled study of the carbon associated with rock varnish, which proved that inertinite and vitrinite naturally co-occur in rock varnish, and which showed that the vitrinite in theirs and Dorn's samples is the same. That is, their study demonstrated conclusively that the carbon types identified independently by the UA lab in Dorn's samples are exactly those that should be present in valid samples. Even more troublingly, Watchman has discussed in e-mail correspondence with Beck, dated 8/4/97, vitrinite in relation to the Côa samples (Maricopa County Superior Court 1999-2001). Watchman's claim that Dorn's samples are fraudulent due to a mixture of coal and charcoal, then, can only be interpreted as (a) an intentional effort to mislead his readership and defame Dorn; or (b) a reflection of Watchman's unfamiliarity with coal petrology; or (c) a combination of both.

fibreuse d'apparence brûlée. De la vitrinite qui va de 10 000 (Holocène) à 28 660 BP a aussi été identifiée lors de recherches géologiques au Brésil (Siffedine *et al.*, 1994). En outre, la vraisemblance d'un âge pléistocène de 19 300 ans pour de l'inertinite, obtenue par un labo AMS de Zurich dans le cadre de la recherche de l'UA, est renforcée par une date de $17\,460 \pm 70$ BP pour de l'inertinite obtenue par Dorn (1997) à partir d'un échantillon de Cõa.

28,660 RYBP has also been identified in geological research in Brazil (Siffedine *et al.* 1994). Furthermore, the plausibility of the Pleistocene age on inertinite of 19,300 years, obtained at the Zurich AMS lab as part of the UA investigation, is supported by an inertinite age of $17,460 \pm 70$ RYBP obtained by Dorn (1997) on a Cõa sample.

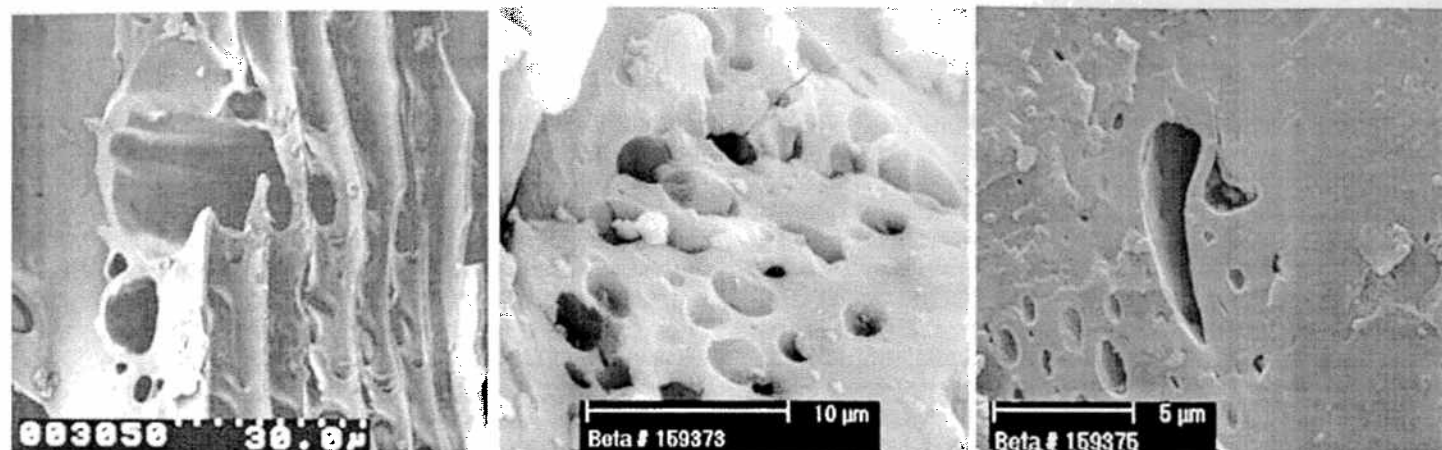


Fig. 1. Du tissu ligneux pris sous des dépôts ou à l'intérieur de la matrice rocheuse subit une transformation appelée diagenèse, lorsque les structures cellulaires se modifient et se réduisent en structure poreuse (Esterle & Ferm, 1994 ; Hedges *et al.*, 1993). Les images d'électrons secondaires de gauche à droite montrent le processus de cette transition du matériel charbonneux pris sous des patines rocheuses provenant de l'Olyary Province, Australie (gauche et droite) ; échantillons AA-6907 et AA-6920, respectivement) et de Death Valley, Californie (centre, échantillon AA-1416).

Fig. 1. Woody tissue trapped under rock coatings or within host rock undergoes a transformation called diagenesis, where cellular structures are modified and reduced in pore structure (Esterle and Ferm 1994; Hedges *et al.* 1993). Secondary electron images from left to right show evidence of this transition in carbon material trapped under rock varnish from the Olyary Province, Australia (left and right; samples AA-6907 and AA-6920, respectively) and Death Valley, California (center, sample AA-1416).

D'autres éléments sur l'hétérogénéité de l'inertinite associée aux patines rocheuses ressortent d'une comparaison entre l'analyse par le labo de l'UA du contenu en carbone des échantillons de Dorn avec les dates précédemment publiées par ce chercheur. Six des échantillons de Dorn déjà datés se révélèrent ne contenir que de l'inertinite (Maricopa County Superior Court 2001). Les âges AMS de ces échantillons vont de 175 ± 45 à $6\,355 \pm 85$ BP.

Further data on the age heterogeneity of the inertinite associated with rock coatings can be obtained by combining the UA lab's carbon content analysis of Dorn's samples with his previously published dates. Six of Dorn's previously dated samples were found to consist exclusively of inertinite (Maricopa County Superior Court 2001). AMS ages on these samples range from 175 ± 45 to 6355 ± 85 RYBP.

Lorsque l'on compare les âges AMS sur l'inertinite et la vitrinite des échantillons de Dorn, deux points importants apparaissent. D'abord, les âges potentiels de l'inertinite vont d'environ 175 jusqu'à 20 000 ans, tandis que ceux de la vitrinite vont de moins de 10 000 (en se fondant sur l'étude brésilienne et sur la conséquence logique de l'échantillon ETH12813) jusqu'à l'absence de radiocarbone. Alors que la vitrinite associée à des patines rocheuses tend à être plus ancienne que l'inertinite (comme on s'y attendrait, d'autant que la vitrinite semble être un produit diagenétique du bois plus ancien que l'inertinite), ce n'est pas invariablement le cas, même au sein d'une même gravure. Cela indique que le(s) processus en fonction desquels du carbone organique s'incorpore à la patine sont complexes et peuvent varier d'un contexte à un autre.

When AMS ages on inertinite and vitrinite from Dorn's samples are compiled, two important points result. First, potential ages on inertinite range from about 175 to almost 20,000 radiocarbon years while the ages on vitrinite run from less than 10,000 radiocarbon years (based on the Brazilian study and the logical inference from the ETH12813 sample) to radiocarbon-dead. While vitrinite associated with rock coatings tends to be older than inertinite (as would be expected, inasmuch as vitrinite appears to be an older diagenetic product of wood than inertinite), this is not invariably the case, even within a particular petroglyph sample. This indicates that the process(es) by which organic carbon becomes incorporated in or under rock coatings is complex and, possibly, variable from context to context.

Deuxièmement, la crédibilité des analyses AMS du labo de l'UA pour ce qui concerne les problèmes de contamination réciproque des échantillons est apparemment au-dessus de tout soupçon. Ce labo fit de nombreux datages sur la vitrinite et l'inertinite pour l'échantillon partagé ARV-52 de Dorn pour établir ce fait. Pour la vitrinite, les âges obtenus incluent $33\,450 \pm 560$ et $34\,240 \pm 730$ BP (tous deux AA21724) ; pour l'inertinite, ce sont $5\,270 \pm 470$ et $4\,181 \pm 890$ BP (tous deux AA2321 [*ibid.*]). Dans

Second, the reliability of the UA lab's AMS dating analyses vis-a-vis potential questions of sample cross-contamination is apparently beyond reproach. The UA lab ran multiple dates on vitrinite and inertinite splits from Dorn's sample ARV-52 to establish this fact. For vitrinite, the ages they obtained include $33,450 \pm 560$ and $34,240 \pm 730$ RYBP (both AA21724); for inertinite, they are 5270 ± 470 and 4181 ± 890 RYBP (both AA2321 [*ibid.*]). In each case the UA lab obtained statistical overlap, demonstrating

chaque cas, le labo de l'UA obtint un recouvrement des marges statistiques, ce qui démontra que leur préparation des échantillons éloigna tout risque de contamination des échantillons partagés.

Pourquoi a-t-on jadis pensé que les dates AMS pour les patines étaient fiables ?

Ces résultats posent une question évidente : pourquoi a-t-on pu penser que les dates AMS pour les patines des gravures étaient fiables ? L'étude du labo de l'UA semble avoir également clarifié ce problème. Les tests initiaux sur cette technique menés par Dorn avaient porté sur 11 analyses de basaltes hawaïens, géologiquement récents et déjà datés (Dorn *et al.*, 1989). Les résultats des tests correspondirent de près aux âges connus, ce qui donna à penser que la technique était à la fois fiable et précise. Le labo de l'UA analysa par la suite le contenu en carbone de 7 de ces 11 échantillons ; 6 sur les 7 étaient homogènes et ne contenaient que de l'inertinite. L'identification de l'inertinite de ces échantillons hawaïens par un expert en fibres ligneuses indique qu'il s'y trouve des angiospermes et du Podocarpus, genre du Pacifique sud (Maricopa County Superior Court 2001), ce qui met en exergue une fois de plus la variabilité potentielle des patines organiques.

Comme ces circonstances le montrent, le test initial de la technique a porté, par inadvertance mais fort malencontreusement, sur un contexte qui pouvait être daté par cette méthode tout en n'étant pas représentatif de la majorité des situations empiriques. Après la découverte concluante de l'hétérogénéité des patines organiques de Cõa en 1995, Dorn mena une analyse *post-facto* de la corrélation entre les résultats qu'il avait obtenus et les dates de contrôle pré-existantes. Le coefficient de corrélation (R^2) entre ses dates empiriques et les contrôles antérieurs fut de seulement 0,35 (*ibid.*).

Une façon d'interpréter ce résultat est qu'environ un tiers des dates AMS de Dorn pour des patines concordent avec les contrôles pré-existants. En d'autres termes, cela indique que certains des éléments organiques contiennent des signaux temporels valides utilisables pour des datages AMS (le coefficient de corrélation est statistiquement significatif, en faveur de ce point de vue). Mais ce n'est pas le cas pour la plupart. Le problème, c'est que, actuellement, nul ne sait pourquoi certaines dates sont correctes et d'autres ne le sont pas, bien que, de façon générale, il semble que lorsque de l'inertinite homogène est associée à la patine – comme dans les tests hawaïens originaux – un contexte fiable pour les datages puisse exister.

Deux leçons importantes en découlent. L'une est générale et l'autre particulière. Premièrement, les tests sur de nouvelles techniques de datage devraient s'appliquer à une large gamme de contextes et de conditions, afin de mieux s'assurer que des résultats « faussement positifs » ne soient par inadvertance obtenus, comme lors des tests sur le basalte hawaïen. Deuxièmement, si les datages AMS sur patines conservent un certain potentiel en tant que technique de datation des gravures rupestres, il est nécessaire de mener des recherches de base approfondies pour déterminer quand elle fonctionne et pourquoi, de même que lorsque ce n'est pas le cas, avant de les appliquer à des cas empiriques.

Dates AMS de gravures rupestres égyptiennes

Les dates AMS obtenues par Watchman, récemment publiées pour 4 gravures égyptiennes de « pièges à poissons » (in Huyge, 1998 ; Huyge *et al.*, 2001) doivent être

conclusively that their sample preparation ensured that they did not cross-contaminate their sample splits.

Why Was AMS Varnish Dating Once Assumed Reliable?

These results raise an obvious question: why was AMS varnish dating ever assumed to provide reliable ages for petroglyphs? The UA lab study appears to have also clarified this point. Dorn's initial testing of the technique involved 11 dates on geologically youthful, previously dated Hawaiian basalt flows (Dorn *et al.* 1989). Test results yielded close correspondence with the pre-existing control ages, suggesting that the technique was both reliable and accurate. The UA lab subsequently analyzed the carbon content in 7 of these 11 samples; 6 of the 7 analyzed samples were homogeneous, containing exclusively inertinite. Subsequent identifications of the inertinite in Hawaiian samples by a wood fiber expert indicate that they include angiosperms and Podocarpus, a south Pacific genus (Maricopa County Superior Court 2001), further emphasizing the potential variability in the nature of varnish organics.

As this circumstance then makes clear, the initial test of the technique inadvertently but quite unfortunately involved a context that both could be dated using this method, and that was therefore not representative of most empirical situations. Following the conclusive discovery of heterogeneity in varnish organics at Cõa in 1995, Dorn conducted an ex post-facto analysis of the correlation between results he had obtained and pre-existing control dates. The correlation coefficient (R^2) between his empirical dates and pre-existing controls was only 0.35 (*ibid.*).

One way of interpreting this result is that about one-third of Dorn's AMS varnish dates match their pre-existing controls. Put another way, this indicates that some of the varnish organics do contain a valid time signal that can be used for AMS dating. (The correlation coefficient is statistically significant, supporting this point.) But most of them do not. The problem is that, at this point, no one knows why some dates are correct and others are not although, in a very general way, there is some indication that when homogeneous inertinite is associated with varnish – as in the original Hawaiian test – a reliable dating context may exist.

Two important lessons derive from this circumstance; one general and the other specific. First, testing new dating techniques should include applications to a wide range of contexts and conditions in order to better ensure that "false positive" results are not inadvertently obtained, as in the original Hawaiian basalt flow test. Second, while varnish AMS dating appears to still have potential as a petroglyph dating technique, substantial basic research must be conducted to determine when it is working, and why, as well as when it does not work, before it is applied to empirical cases.

AMS Dates on Egyptian Petroglyphs

Watchman's recently published AMS dates on 4 Egyptian "fish-trap" petroglyphs (in Huyge 1998; Huyge *et al.* 2001) must be assessed in terms of the above circum-

évaluées en fonction de ce qui précède. Plusieurs éléments archéologiques distincts suggèrent que ces motifs datent du «Prédynastique ancien (6^e ou 5^e millénaire BC) ou (sont) peut-être même d'un Paléolithique tardif (8^e ou 7^e millénaires BC ou antérieurs)» (Huyge *et al.*, 2001, p. 70). Ces éléments incluent des degrés relatifs de patination, des superpositions, et l'absence de comparaison possible entre ces images et d'autres formes datées d'images de la région. Ailleurs, Huyge (1998, p. 103) précise en disant : « Nous suggérons avec prudence que les dessins curvilignes entièrement patinés sont antérieurs au début de l'ère prédynastique », et qu'ils dateraient donc de l'extrême fin du Pléistocène.

Pour dater ces gravures, Watchman a choisi des fibres de cellulose associées à la patine rocheuse. Bien qu'il ne donne pas d'autre identification de ces fibres, il s'agit presque certainement de radicelles. Les fibres sont l'un des trois types de carbone organique que Dorn (1997 ; Nobbs & Dorn, 1993) et le labo de l'UA avaient précédemment identifiés en association avec des revêtements rocheux. Comme explication, Watchman dit seulement que : « La matière organique résiduelle datée (fibres cellulose de plantes), n'est pas fossilisée et provient donc d'organismes vivants au moment de la formation de la patine. Les 4 dates sont donc valides en tant que *termini ante quem* pour les gravures » (Huyge *et al.*, 2001 p. 71). Les 4 dates calibrées sont : 5 900 – 5 300 BC ; 2 600 – 1 700 BC ; 1 000 – 100 BC ; et 800 BC – AD 50.

Ces dates posent au moins trois problèmes, qui ne sont pas abordés par Watchman :

Premièrement, seule l'une des quatre dates se trouve dans la marge attendue d'un point de vue archéologique, tandis que les trois autres sont significativement plus récentes que l'âge prévu pour la phase culturelle des pièges à poisson présumés. Cela signifie que ces dates n'ont archéologiquement pas de sens, étant substantiellement plus tardives qu'attendu. Si les dates AMS pourraient potentiellement donner des âges limites minimaux pour les gravures, quelle est la valeur inférentielle d'une limite d'âge plus récente de 50 % ou davantage que l'âge véritable du motif lui-même ? Dans un tel cas, la date AMS est moins utile que les déductions chronologiques déjà faites à partir du contexte archéologique.

Deuxièmement, l'affirmation que la fibre de cellulose datée « n'est pas fossilisée et provient donc d'organismes vivant au moment de la formation de la patine » (*ibid.*) est une assertion non étayée, fondée sur une conclusion qui ne se déduit pas logiquement de ce qui précède ni ne paraît empiriquement plausible. En effet, pour savoir si son affirmation était véridique, il faudrait que Watchman eût une connaissance préalable de l'âge de la patine, ce qu'il n'a pas et ce qu'en fait il essayait d'établir avec sa recherche. Cela relève donc de la tautologie et non du raisonnement scientifique. Se fonder sur ce type de double langage pour justifier une stratégie d'échantillonnage constitue une tentative pour cacher le fait que, dans l'état actuel de la recherche sur la datation des patines par AMS, il n'existe pas de raison démontrée qui permette de dire que les fibres de cellulose sont le type de matière organique susceptible de dater les patines avec précision.

Troisièmement, en corollaire de ce qui précède, il existe de bonnes raisons empiriques de penser que les fibres de cellulose – si l'on suppose que ce sont des radicelles, ce qui est très vraisemblable – associées à la patine peuvent ne pas dater de la formation de la patine, et donc seraient complètement impropres au datage de gravures rupestres par AMS. 1) Les radicelles sont par nature enva-

stances. *A variety of lines of archaeological evidence suggest that these motifs date from the "early Predynastic (6th or 5th millennium BC) or [are] possibly even late Paleolithic in age (8th or 7th millennium BC or earlier)" (Huyge *et al.* 2001:70). This evidence includes relative degree of revarnishing, superpositioning and an absence of comparability between these images and other forms of dated graphic imagery from the region. Elsewhere, Huyge (1998:103) elaborates by stating that: "we tentatively suggest that the completely patinated curvilinear designs pre-date the beginning of the predynastic era", and thus are terminal or late Pleistocene in age.*

*In order to date these petroglyphs, Watchman selected cellulose fibers associated with the rock varnish. Although no further identification of these fibers is provided, they are almost certainly plant rootlets. Fibers are one of the three types of organic carbon that Dorn (1997; Nobbs and Dorn 1993) and the UA lab previously identified in association with rock coatings. By way of explanation, Watchman states only that: "The dated residual organic matter (plant cellulose fibers) is not fossilized and therefore stems from organisms living at the time of varnish formation. All four dates are therefore valid as termini ante quem for the petroglyphs" (Huyge *et al.* 2001:71). The four calibrated dates are: 5900 – 5300 BC; 2600 – 1700 BC; 1000 – 100 BC; and 800 BC – AD 50.*

There are at least 3 problems with these 4 dates; problems that Watchman does not address:

First, only one of the four dates falls within the range of the previous archaeological expectations, with three of the four post-dating the age of the presumed fish-trap motif-producing cultural phase by significant margins. That is, the dates make no archaeological sense whatsoever, and are substantially younger than expectations. While the AMS dates potentially might provide minimum limiting ages for the petroglyphs, what is the inferential value of a limiting age that is 50% or more younger than the true age of the motif itself? In such a case the AMS date is less useful than the chronological inferences already derived from archaeological context.

Second, the claim that the dated cellulose fiber "is not fossilized and therefore stems from organisms living at the time of varnish formation" (ibid.) is an unsupported assertion based on a conclusion that neither logically follows from its premise, nor is empirically plausible. Indeed, to know whether or not this assertion were true, Watchman would need pre-existing knowledge of the age of the rock varnish, which he does not have but instead was attempting to establish exactly by his dating research. That is, this is tautology, not scientific reasoning. Deferral to this type of double-talk to justify a sampling strategy attempts to hide the fact that, at this point in varnish AMS dating research, there is no demonstrated reason to assert that cellulose fibers are the type of organic matter that can accurately or precisely date rock coatings.

Third, and a corollary to the above, there are good empirical reasons to infer that cellulose fibers – assuming they are rootlets, which is highly likely – associated with rock varnish may not date to the time of rock varnish formation, and thus may be entirely inappropriate in AMS petroglyph dating. (1) Rootlets are by their very nature invasive and therefore work their way into cracks, pores and other

hissantes et en conséquence se fraient un chemin dans les fissures, les pores et autres imperfections des surfaces rocheuses. Elles peuvent donc avoir n'importe quel âge. 2) En outre, lorsque l'érosion expose un « plan de fracture » à la surface de la terre – ce qui le rend utilisable comme « panneau » rupestre –, il a des chances de contenir déjà des radicelles dans sa surface exposée et d'avoir incorporé des éléments organiques préexistant à toute activité artistique. Danin *et al.* (1987), par exemple, ont daté par le radiocarbone des racines d'arbres profondément enterrées et obtenu des dates qui vont de 30 000 BP à la disparition du carbone. 3) Les radicelles sont extrêmement communes, même en contexte désertique (Jackson *et al.*, 1997, tabl. 1). De fait, le carbone des racines comprend plus de 5 % de tout le carbone de l'atmosphère globale et représente 33 % de la production primaire annuelle nette pour le monde (*ibid.*). On devrait donc s'attendre à ce que les fibres de cellulose se trouvent dans les patines, qu'elles y soient très communes et qu'elles puissent potentiellement dater de n'importe quelle période.

Il n'existe pas de raison a priori que les fibres de cellulose associées à des patines aient nécessairement une relation temporelle quelconque avec elles, et en conséquence avec les gravures que les patines recouvrent. On doit simplement en conclure que, en l'état actuel de nos connaissances, il n'y a pas de fondement scientifique pour accepter que les 4 dates AMS sur patines obtenues pour les gravures égyptiennes indiquent leur âge, ou même des dates utiles minimales pour cet art.

Comme les diverses recherches de Dorn sur les résultats des datages de patine par AMS l'ont abondamment montré, il est préférable de mener des tests approfondis avant que ces techniques ne soient à nouveau appliquées à des gravures et avant qu'un type particulier de carbone ne soit proposé, dans un contexte spécifique, comme approprié ou fiable pour datage. Ces tests devraient porter sur des surfaces géologiques dont la date est déjà connue, ainsi qu'être menés en aveugle pour déterminer si les résultats obtenus concordent. À moins que Watchman ne présente la preuve que de tels tests ont été effectués avec succès et que leurs résultats garantissent le datage des fibres de cellulose de préférence à celui d'autres types de carbone dans les patines, toute interprétation archéologique de ces résultats devrait attendre.

En fait, d'après les données archéologiques soulignées par Huyge (1998, Huyge *et al.*, 2001), il vaut mieux interpréter les dates que Watchman a obtenues à partir de fibres cellulose associées à un seul type de motif, dates qui couvrent 4 000 ans, comme exemple des variations chronologiques susceptibles de survenir avec ce type de carbone organique provenant d'un contexte temporel unique. Cela signifie que les dates AMS pour les gravures égyptiennes peuvent se révéler utiles par leur témoignage sur la variabilité des âges des fibres incluses dans les patines, plutôt que pour d'éventuelles implications sur l'âge de l'art rupestre.

*imperfections in rock surfaces. When present, they thus may be of any age whatsoever. (2) Indeed, when a rock "fracture plane" is exposed by erosion at the earth's surface – and first becomes usable as a rock art "panel" – it is likely that it already contains rootlets in its weathering zone and thus incorporates inherited organics that pre-date any cultural activity. Danin *et al.* (1987), for example, radiocarbon dated deeply buried tree roots, obtaining ages that ranged from 30,000 BP to radiocarbon-dead. (3) Rootlets are extremely common, even in desert environments (Jackson *et al.* 1997: Table 1). In fact, fine root carbon comprises more than 5% of all the carbon contained in the global atmosphere and represents fully 33% of the global annual net primary productivity (*ibid.*). Cellulose fibers therefore should be expected in rock coatings, should be very common, and potentially could date to any time period whatsoever.*

There is no a priori reason why cellulose fibers associated with rock coatings should necessarily have any temporal relationship with these coatings themselves, and thus with any rock engravings that the coatings may cover. For this reason we can only conclude that, at this point, there is no scientific reason to accept the four AMS rock varnish dates obtained from the Egyptian petroglyphs as any indication of the age of these engravings, or even as a useful minimum limiting age for this art.

Instead, as the various investigations of Dorn's AMS varnish dating results have made abundantly clear, thorough testing is required before the varnish AMS dating technique can or should be applied again to petroglyphs, and before any one type of carbon is proposed, in a specific context, as appropriate or meaningful for dating. This testing should include dating geological surfaces with pre-existing control ages, as well as blind testing to determine whether replication can occur. Unless and until Watchman can present evidence that such tests have been successfully completed, and that the results warrant the dating of cellulose fibers over the other types of carbon associated with rock varnish, any archaeological interpretation of these results should be held in abeyance.

*Indeed, and in light of the archaeological evidence outlined by Huyge (1998; Huyge *et al.* 2001), the ages Watchman has obtained from cellulose fibers associated with a single motif type, with a range of about 4400 years, are best interpreted as examples of the variability in age that may be obtained from this type of organic carbon derived from a single temporal context. That is, the Egyptian AMS petroglyph dates may be useful because of what they indicate about variability in the age of fibers associated with rock coatings, rather than due to any implications they may have for the age of the art.*

David S. WHITLEY,
ICOMOS Rock Art Committee, Fillmore, CA, USA
et **Joseph M. SIMON,**
W&S Consultants, Simi Valley, CA, USA

BIBLIOGRAPHIE

ARROWSMITH, J. R., RICE, G. E., HOWER, J. C., s.d. — *Documentation of carbon-rich fragments in varnish-covered rocks from central Arizona using electron microscopy and coal petrography*. Unpublished manuscript on file, Department of Geology, Arizona State University.

BAPTISTA, A.M., 1999. — *No tempo sem tempo : A arte dos caçadores paleolíticos do Vale do Côa*. Vila Nova de Foz Côa, Centro Nacional de Arte Rupestre.

BECK, W., DONAHUE, D. J., JULL, A. J. T., BURR, G., BROECKER, W. S., BONANI, G., HAJDAS, I., MALOTKI, E., 1998. — Ambiguities in direct dating of rock surfaces using radiocarbon measurements. *Science*, 280, p. 2132-2135.

CLOTTE J., 1995. — Paleolithic petroglyphs at Foz Côa, Portugal. *International Newsletter on Rock Art*, 10, p. 2.

DANIN A., WIEDER M., MAGARITZ M., 1987. — Rhizofossils and root grooves in the Judean Desert and their paleoenvironmental significance. *Israel Journal of Earth Sciences*, 36, p. 91-99.

DORN R. I., 1996a. — A change of perception. *La Pintura*, 23 (2), p. 10-11.

DORN R. I., 1996b. — Uncertainties in ^{14}C ages for petroglyphs from the Olary province, South Australia. *Archaeology in Oceania*, 31, p. 214-215.

DORN R. I., 1997. — Constraining the age of the Côa valley (Portugal) engravings with radiocarbon dating. *Antiquity*, 71, p. 105-115.

DORN R. I., 1998. — Response. *Science*, 280, p. 2136-2139.

DORN, R. I., JULL, A.J.T., DONAHUE, D. J., LINICK, T. W. , AND TOOLIN, L. J., 1989. — Accelerator mass spectrometry radiocarbon dating of rock varnish. *Geological Society of America Bulletin*, 101, p. 1363-1372.

DORN R.I., LOENDORF L.L., 1992. — Assessing Distortion of Radiocarbon Ages of Rock Coatings by Non-Contemporaneous Material. Proposal No. BNS-9204711, submitted to Archaeometry Program, U.S. National Science Foundation.

ESTERLE, J.S., FERM, J.C., 1994. — Spatial Variability in Modern Tropical Peat Deposits from Sarawak, Malaysia and Sumatra, Indonesia – Analogs for Coal. *International Journal of Coal Geology*, 26, p. 1-41.

HEDGES, J.I., KEIL, R.G., COWIE, G.L., 1993. — Sedimentary diagenesis: organic perspectives with inorganic overlays. *Chemical Geology*, 107, p. 487-492.

HERSCHER E. J., 2000. — Portuguese petroglyphs. *Archaeology*, 53 (2), p. 31.

HUYGE D., 1998. — Hilltops, Silts, and Petroglyphs: The Fish Hunters of El-Hosh (Upper Egypt). *Bulletin des Musées Royaux d'Art et d'Histoire*, 69, p. 91-113.

HUYGE D., WATCHMAN A., DE DAPPER M., and MARCHI E., 2001. — Dating Egypt's oldest 'art': AMS ^{14}C age determinations of rock varnishes covering petroglyphs at El Hosh (Upper Egypt). *Antiquity*, 75, p. 68-72.

JACKSON R. B., MOONEY H. A., and SCHULZE E. D., 1997. — A global budget for fine root biomass, surface area, and nutrient contents. *Proceedings, National Academy of Sciences, U.S.A.* 94, p. 7362-7366.

MARICOPA COUNTY SUPERIOR COURT, Clerk, 1999-2001. — Case file, Case #CV99-11443. Public record on file, Maricopa County, AZ, Courthouse.

NOBBS M., DORN R. I., 1993. — New surface exposure ages for petroglyphs from the Olary Province, South Australia, *Archaeology in Oceania*, 28, p. 18-39.

SIFFEDINE A., BERTRAND P., FOURNIER M., MARTIN L., SERVANT M., SOUBIES F., SUGUIO K., TURCQ B., 1994. — The lacustrine organic sedimentation in tropical humid environment (Carajas, eastern Amazonia, Brazil) – relationship with climatic changes during the last 60,000 years BP. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 165 (6), p. 613-621.

WATCHMAN A., 1995a — Dating the Foz Côa engravings, Portugal. in D. Seglie (ed.), *News 95 — International Rock Art Congress, 1998*. Turin: Centro Studi e Museo di Arte Preistorica.

WATCHMAN A., 1995b. — Recent petroglyphs, Foz Côa, Portugal. *Rock Art Research*, 12, p. 104-108.

WATCHMAN A., 1996. — A review of the theory and assumptions in the AMS dating of the Foz Côa petroglyphs, Portugal. *Rock Art Research*, 13, p. 21-30.

WATCHMAN A., 1997. — Differences of Interpretation for Foz Côa Dating Results. *National Pictographic Society Newsletter*, 8 (1), p. 7.

WATCHMAN A., 2000 — A review of the history of dating rock varnishes, *Earth-Science Reviews*, 49, p. 261-277.

WELSH P. H., DORN R. I., 1997 — Critical analysis of petroglyph ^{14}C ages from Côa, Portugal and Deer Valley, Arizona. *American Indian Rock Art*, 23, p. 11-24.

ZILHÃO J., 1995 — The stylistically Paleolithic petroglyphs of the Côa Valley (Portugal) are of Paleolithic age. A refutation of their "direct dating" to recent times. *Trabalhos de Antropologia e Etnologia*, 35, p. 119-165.

DIVERS

L'ABSTRACTION DANS LE GRAPHISME FIGURATIF DU PALÉOLITHIQUE

La presque totalité des préhistoriens admet aujourd'hui que le graphisme figuratif, qui constitue l'essentiel de l'art paléolithique, doit être défini comme un art principalement naturaliste (réaliste), caractère modéré par une discrète

ABSTRACTION IN PALEOLITHIC FIGURATIVE GRAPHIC ART

Virtually all prehistorians would now say that figurative representation, the essential of Paleolithic art, should be defined as a mainly naturalistic (realistic) art, moderated by a modest schematic aspect. However, European