

Aux dimensions de l'image dans l'étude des représentations gravées néolithiques

Serge Cassen, Valentin Grimaud

▶ **To cite this version:**

Serge Cassen, Valentin Grimaud. Aux dimensions de l'image dans l'étude des représentations gravées néolithiques. Archéologie : imagerie numérique et 3D, Sylvie Eusèbe; Théophane Nicolas; Valérie Gouranton; Ronan Gaugne, Jun 2018, Rennes, France. hal-02077354v1

HAL Id: hal-02077354

https://inrap.hal.science/hal-02077354v1

Submitted on 4 Jul 2019 (v1), last revised 12 Jul 2019 (v2)

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Copyright

Serge Cassen
Directeur de recherche CNRS
Laboratoire de recherche archéologie et architectures (LARA, UMR 6566)
Université de Nantes
serge.cassen@univ-nantes.fr

Valentin Grimaud
Architecte/Ingénieur d'étude
Laboratoire de recherche archéologie et architectures (LARA)
Université de Nantes
valentin.grimaud@univ-nantes.fr

Aux dimensions de l'image dans l'étude des représentations gravées néolithiques

En voulant témoigner des gravures qu'ils apercevaient sur les rochers, les stèles et les parois des tombeaux néolithiques de l'Europe occidentale, les premiers archéologues en recherche d'une représentation tentent de restituer la morphologie des supports par le jeu de la lumière sur le relief de la pierre. Mais par une volonté compréhensible de clarifier les tracés en éliminant le détail naturel, la troisième dimension va progressivement se perdre jusqu'à atteindre, dans la seconde moitié du XX^{e} siècle, la stricte figuration d'un objet plan, gravure autonome, signe décontextualisé. Il s'agit de revenir sur cette reconquête de l'objet volumique. Différentes techniques d'acquisition sont désormais mobilisées pour enregistrer le support (lasergrammétrie, lumière structurée, photogrammétrie) tandis que les gravures seront mieux détectées par compilation d'images sous éclairages obliques (protocole ICEO), que l'illumination soit réelle ou virtuelle. Une fois les contours des enlèvements de matière inventoriés, des relations d'antéro-postériorité pourront être identifiées pour finalement suggérer une chronographie de la composition. Mais la qualité de l'imagerie autorise aussi d'aborder certains aspects de la chaîne opératoire adoptée par le graveur quand les négatifs d'éclats sont encore visibles ; ici, l'indispensable expérimentation permet de retrouver des gestes, des forces, des outils, des temps de fabrication, d'autres images qu'il convient à leur tour de pleinement restituer comme objets volumiques. Enfin, la décorrélation d'image facilitera la distinction entre plusieurs tracés et/ou désordres allant de la désagrégation minérale à la colonisation biologique, altérations qui vont influer sur la bonne lecture des tracés. Dans cette scène retrouvée, représentée, des signes vont passer d'un plan à l'autre du support. Par le *hors-champ* iconographique, ces mobiles dénotent alors la dimension 4 qui est le temps passé à effectuer un mouvement, un trajet…

0

Les signes gravés néolithiques, dans l'ouest de la France, sont généralement inscrits sur stèle ou sur paroi des tombeaux, plus rarement sur affleurement rocheux. Certains éléments du répertoire sont également reproduits sur céramique et l'on se doute que des supports en matière organique (planche, écorce, tissu…) ou en matière minérale périssable (paroi d'argile…)[1] ont pu être marqués. Mais le jeu de la lumière sur une surface aménagée de creux et de nervures fait en réalité tout l'intérêt de ces objets lithiques si particuliers. Le soleil les illumine et accroche la scène représentée (la stèle publique). La torche éclaire le déroulement des figures (la paroi d'un couloir de transition).

Nous aimerions considérer l'image représentée au Néolithique et l'image enregistrée depuis qu'elle est devenue objet de connaissance. Ce « dialogue » à distance entre l'émetteur et le (nouveau) récepteur donne en effet prise à une réflexion sur notre manière de considérer le monde des représentations symboliques d'autrefois, et cette façon qu'ont eu les archéologues de les restituer pour en parler. Car avant d'aborder la troisième dimension des objets volumiques constants – « Imagerie numérique et 3D » est le thème de ce colloque – un retour aux premières acquisitions graphiques semble nécessaire pour montrer le chemin emprunté et les choix effectués. L'apparition des outils numériques au début des années 1990 a en effet permis le développement d'une nouvelle méthodologie pour enregistrer en 2D les structures dégagées par la fouille, progrès dont vont bénéficier les

Mots clés
Art rupestre, compilation d'images, dimensions 2-3-4, lasergrammétrie, lumière structurée, photogrammétrie

Informations de publication
Publié le 19 mars 2019
https://sstinrap.hypotheses.org/985

Cassen (Serge), Grimaud (Valentin). – Aux dimensions de l'image dans l'étude des représentations gravées néolithiques. *In :* Eusèbe (S.), Nicolas (T.), Gouranton (V.), Gaugne (R.) dir. – *Archéologie : imagerie numérique et 3D* : actes du 3^{e} séminaire scientifique et technique de l'Inrap, 26-27 juin 2018, Rennes.

levés de ces gravures. Réciproquement, la chaîne opératoire mise au point pour restituer les tracés en 2D et 3D sera finalement un excellent moyen de mieux figurer et de mieux qualifier les supports et les architectures qui les contiennent.

1

Au commencement des premières descriptions de gravures pour le Néolithique en Bretagne, la plupart inscrites dans des monuments funéraires, les observateurs en recherche d'une représentation tentent de restituer la morphologie des supports par le jeu de la lumière sur le relief de la pierre. Autrement dit, en rendant perceptible la 3e dimension (fig. 1). On note cependant des différences, à l'exemple de la dalle C1 bien connue dans la chambre funéraire de Gavrinis (Morbihan) :
– P. Mérimée (1836)[2], écrivain et inspecteur des Beaux-Arts, est le plus fidèle aux gravures à travers un crayonné qui déforme néanmoins le support, parfois amplement ;
– l'architecte A. de Caumont (1830)[3] reproduit bien la ligne de l'orthostate mais se trompe dans la reproduction des tracés ;
– l'ingénieur de marine P. Lucas (1852) restitue bien la géométrie de la dalle mais s'éloigne encore davantage de l'inventaire des signes.
Cela dit, dès les années 1860, le levé des gravures et des supports intègre un certain nombre de règles, comme le carroyage des surfaces en vue de leur reproduction, adopté par W.C. Lukis en 1869, tout en conservant par le jeu de l'aquarelle la notion de volume par l'accrochement de la lumière sur la pierre. Notons cependant que les enregistrements les plus précis furent ceux obtenus à Gavrinis du moulage des dalles gravées, levés par estampages établis en 1865 à l'abri d'un atelier, avec du temps et les éclairages adéquats (Maître, 1885)[4].

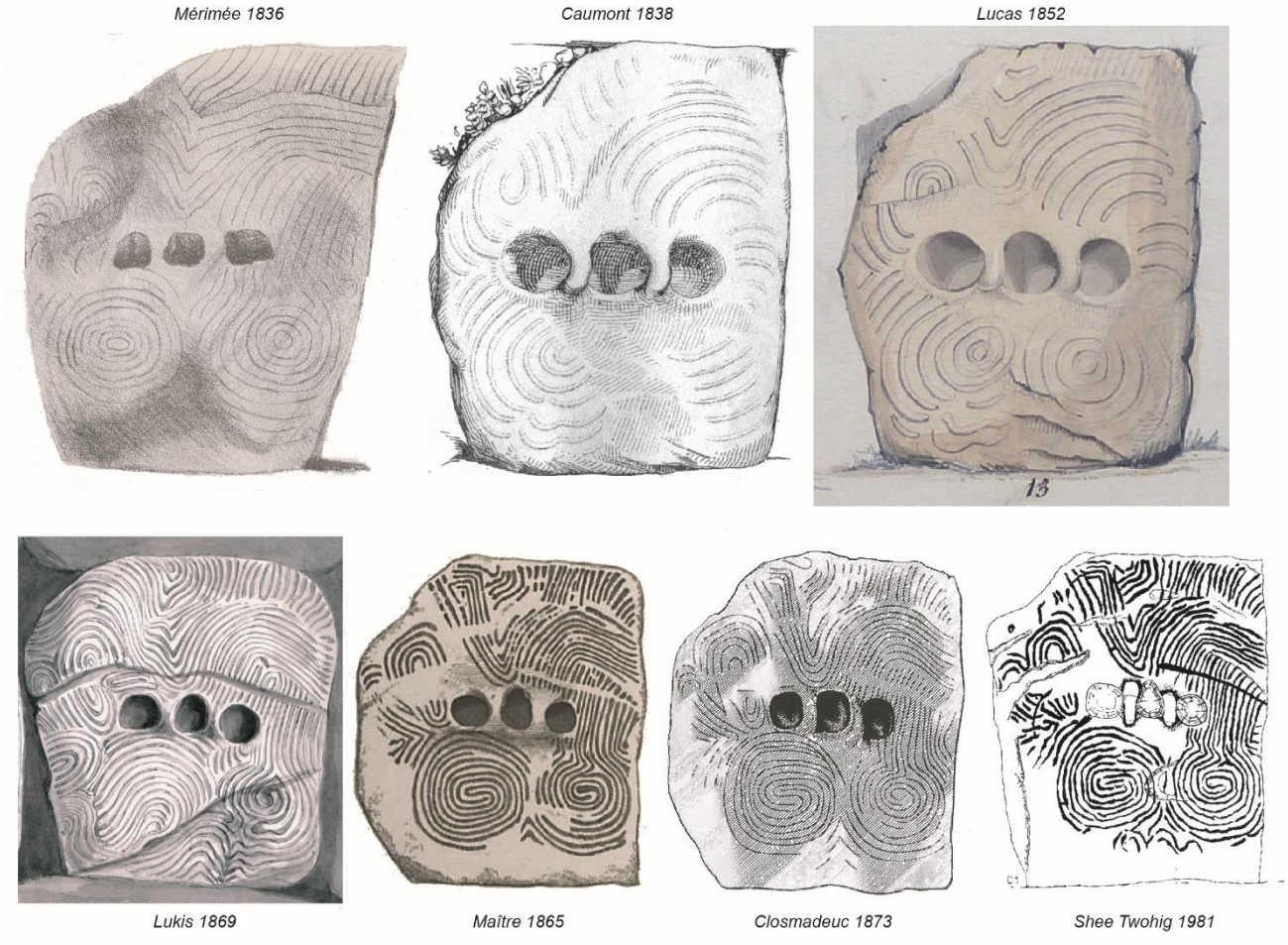


Fig. 1 : Évolution des représentations de la dalle C1 à Gavrinis (Larmor-Baden, Morbihan).
DAO : S. Cassen.

Mais rares sont les prises en compte du contexte architectural qui permettent, par le truchement du plan et des élévations, d'établir les comparaisons indispensables. N'oublions pas qu'à la même époque, en dehors de la littérature archéologique, le monument mégalithique peut être parfaitement reproduit, au moyen de vues axonométriques très justes, avec ligne d'horizon et point de fuite, mais en totale disproportion à l'égard de l'environnement réel, comme à la Table des Marchands (1865) où l'objet est multiplié par trois pour insister sur la notion d'écrasement à propos d'une construction que l'on aimerait croire peu humaine. L'introduction de la photographie stoppera cette dérive.

Mais revenons aux gravures. Car dès les années 1870, et sans rupture jusqu'à ces dernières années, le signe gravé s'affranchit des éléments indiquant le volume du support. G. de Closmadeuc, le président de la Société Polymatique du Morbihan, est un bon représentant de cette tendance (Closmadeuc, 1873)[5]. Il essaie dans le même temps de faire l'économie d'une dénomination trop interprétative des signes en organisant des types, et ne relève des représentations symboliques figurées que les tracés en creux, et eux seuls. À cet égard, la dalle C1 de Gavrinis montre bien les limites inhérentes à son dessin car les larges « trous » visibles à la surface ne peuvent pas être restitués autrement que par un rendu de la 3e dimension (fig. 1) ; mais cette dalle est l'exception qui confirme une règle désormais bien établie. Par une volonté compréhensible de clarifier les tracés en éliminant le détail naturel, la troisième dimension va progressivement se perdre jusqu'à atteindre la stricte figuration d'un objet plan, gravure autonome, signe décontextualisé, à l'instar de l'inventaire de référence, pourtant le meilleur outil de travail à l'heure actuelle (Shee Twohig, 1981)[6].

2

Pour notre part, l'histoire du rapport entre gravure et image tridimensionnelle débute dans les années 1980 à l'occasion de la fouille du dolmen de la Table des Marchands, à Locmariaquer. Pourtant programmé, l'enregistrement photogrammétrique des gravures dans la chambre (stéréophotographie) sera abandonné, pris de vitesse par la restauration du monument, notamment au niveau de la face dorsale ornée de la fameuse dalle de chevet, désormais inaccessible. Il ne reste que nos estampages pour témoigner d'un assemblage de signes fondamental pour l'analyse structurale des compositions armoricaines datées entre 7000 et 6000 BP. Pour l'art rupestre, estampages et levés directs sur feuille transparente plaquée sur le motif sont des techniques invasives éprouvées mais peu satisfaisantes dès lors que la gravure est altérée, difficilement reconnaissable. La pression de l'opérateur sur la feuille varie trop souvent selon l'idée préconçue du signe à reproduire… À ce titre, l'intervention de l'abbé H. Breuil en Bretagne, dans les années 1930 et 1950 et justement avec cette technique, est intéressante à souligner (Breuil & Boyle, 1959)[7]. Alors qu'il est un observateur brillant des représentations du Paléolithique franco-cantabrique, il développe dans les dolmens une forme aiguë de paréidolie : 90% des signes qu'il inventorie sont faux ou absents, faute de pouvoir discerner le naturel de l'artificiel, et faute d'entrer en sympathie avec ce monde des représentations de la préhistoire récente. On le voit, un mode opératoire plus neutre et plus performant était à construire.

Cette reconquête volumique, déjà perceptible dans les reconstitutions axonométriques des architectures monumentales de l'ouest de la France dès les années 1960 (travaux de P.R. Giot et J. L'Helgouac'h, ; dessins de Y. Onnée et H. Poulain), se concrétise informatiquement dans les années 1990 à travers le projet MEGAFORM (École Centrale et université de Nantes), en prenant justement comme référence la tombe à couloir de Gavrinis

(Poulet & Lucas, 1996)[8]. Le logiciel tente, par itération, de s'approcher en 3D d'un existant archéologique. L'utilisateur décrit un volume englobant, puis ce volume est rempli de pierres (moellons, dalles) aux dimensions configurables. Les règles sont données par l'observation des sites mégalithiques qui donnent les bases du vocabulaire formel. Si le projet n'a pas été davantage développé avec les archéologues, c'est qu'il reproduisait avec moins de détails ce que l'on peut facilement observer et relever sur le terrain, les enjeux des informaticiens reposant moins sur la recherche d'une forme que la dynamique constructive de cette forme (Cassen *et al.*, 2013)[9].

En 1993, la fouille du tertre funéraire de Lannec er Gadouer (Erdeven, Morbihan) permet de développer ce qui n'avait pu être conduit à la Table des Marchands (Boujot & Cassen, 2000)[10]. Étant donnée la volumétrie du chantier, nous misons sur un enregistrement par photographie numérique oblique des structures archéologiques. Le défi d'un levé de ce type repose sur la correction géométrique des clichés et des dessins afférents directement opérés sur l'image. Pour cela, un logiciel de traitement du cliché oblique sera acquis – Aerophoto (Buchsenschutz, 1999)[11] – qui mobilisait des points d'ancrage cadastraux géographiquement connus. Appliqué à la fouille, le système va simplement utiliser les points du carroyage. Le procédé sera aussitôt transféré au levé des gravures régionales, en appliquant des cibles en coordonnées fictives sur le support (par exemple, les angles d'un carré de 30 ou 50 cm de côté avec 0-0, 0-1, 1-0, 1-1). La compilation du dessin des contours des gravures sur ces photographies permet ensuite d'effectuer la synthèse graphique (Boujot *et al.*, 2000)[12]. L'ennui, c'est que pour bien travailler sur l'ordinateur portable de terrain, le logiciel de redressement dégradait la photographie prise par l'appareil numérique dont la mémoire saturait au bout de 10 images (des clichés qui, à l'époque, ne font pourtant que 300 ko). Bien souvent la couleur était abandonnée au profit des niveaux de gris, faute d'un ordinateur capable de gérer de plus lourds calculs… Souvenons-nous que la dimension maximale de l'image de l'objet travaillé à l'écran est alors de 596 x 415 pixels alors qu'aujourd'hui nous utilisons des dimensions de l'ordre de 6000 x 4000 pixels.

La découverte de gravures exceptionnelles sur un monolithe de Locmariaquer (Men Bronzo) va être l'occasion de mieux publier le principe de la compilation d'images sous éclairages obliques (Cassen & Vaquero, 2003)[13]. Si le levé est satisfaisant, le placement des gravures au plus près de la morphologie du support est à la traîne. Nous n'avons toujours pas d'objet en trois dimensions. Au surplus, l'altération des gravures sur des détails cruciaux empêche de bien interpréter la scène (ici, le bec de l'oiseau). Nous verrons plus loin comment cette question sera résolue.

La recherche de collaborations avec des fabricants de scanners 3D semble alors le meilleur moyen d'atteindre cet objectif (Mensi, racheté par Trimble). Mais ces partenariats nous limitent à l'utilisation d'un visualiseur et la seule possibilité de naviguer en temps réel dans un monument aux parois texturées, assez péniblement d'ailleurs étant donné l'équipement informatique d'un laboratoire SHS comme le nôtre, et sans visibilité sur les gravures. On tente alors de travailler avec un programme de type *image modeler* traitant les photographies (Real Viz, racheté par Autodesk ; Cassen & Merheb, 2005)[14]. Le résultat est satisfaisant quant à une visualisation 3D d'objets sélectionnés (fig. 2 pour l'orthostate 19), mais il manque la maîtrise d'une suite logicielle qui permettrait d'exploiter ces images. Par ailleurs, nous ne touchons toujours pas à la racine de la représentation architecturale : plan, section, élévation à partir du nuage de points.

Pour finalement avancer sans moyen financier (le « partenariat » envisagé avec les fabricants ne valait dans la durée que si le matériel était finalement acquis…), nous décidons de travailler avec les plans et les élévations classiques des archéologues, afin de produire des modèles 3D simplifiés de l'architecture (logiciels 3D Studio Max 5 et 3D Studio Viz 3.0) ; les levés des gravures apparaissent extrudés en surface des orthostates (fig. 3). Bien que les volumes des dalles soient éloignés des formes exactes (parois planes,

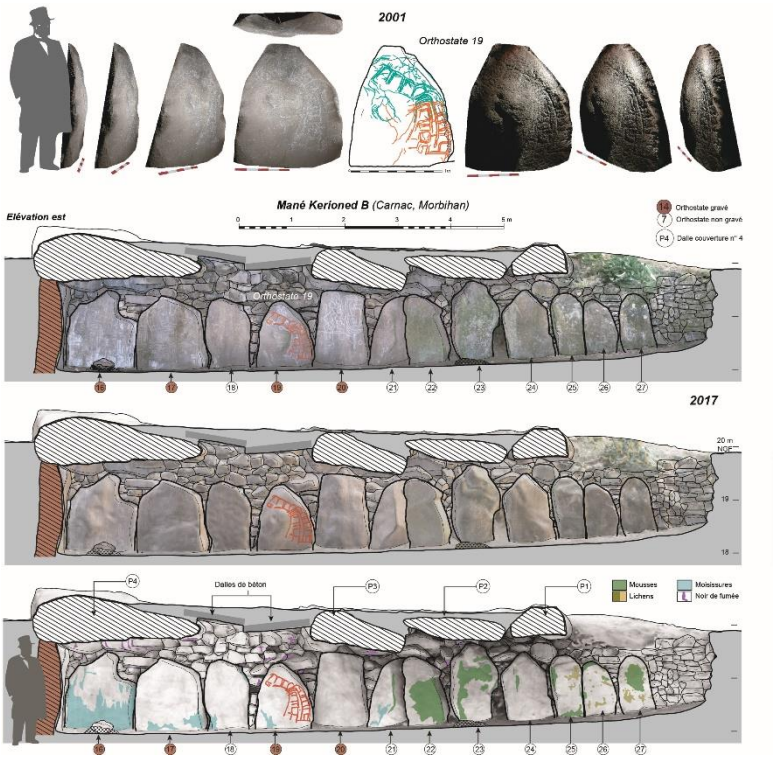


Fig. 2 : Enregistrement et restitution 3D par photographies de l'orthostate 19 dans la tombe de Mané Kerioned B (Carnac, Morbihan) avec le logiciel RealViz (d'après Cassen & Merheb, 2005). Élévation Est de la tombe B de Mané Kerioned par photogrammétrie (2017) : texture photoréalisme, éclairages virtuels multiples et occlusion ambiante.
DAO et modèle 3D : S. Cassen et V. Grimaud.

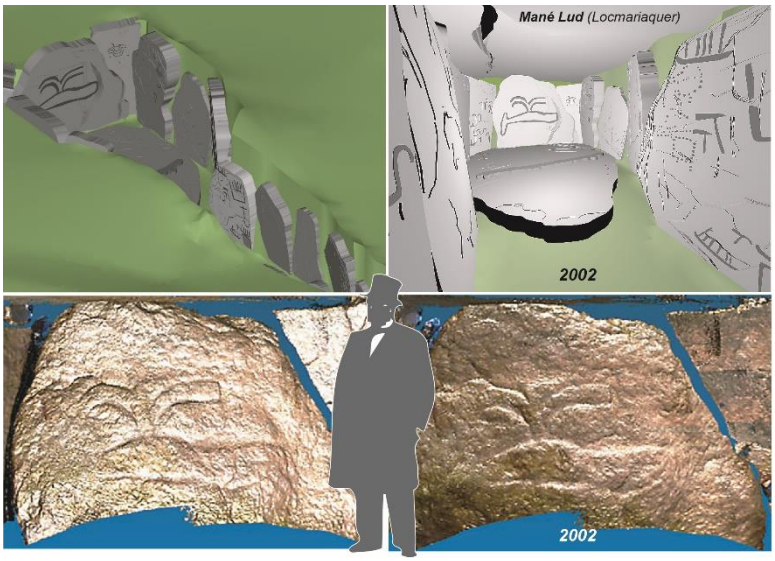


Fig. 3 : Modélisation 3D avec gravures extrudées (2002) de la tombe à couloir du Mané Lud (Locmariaquer, Morbihan) à partir de plans et élévations 2D. Acquisition au scanner Konica Minolta VI9i de la dalle de chevet gravée.
D'après Cassen et al., 2005.

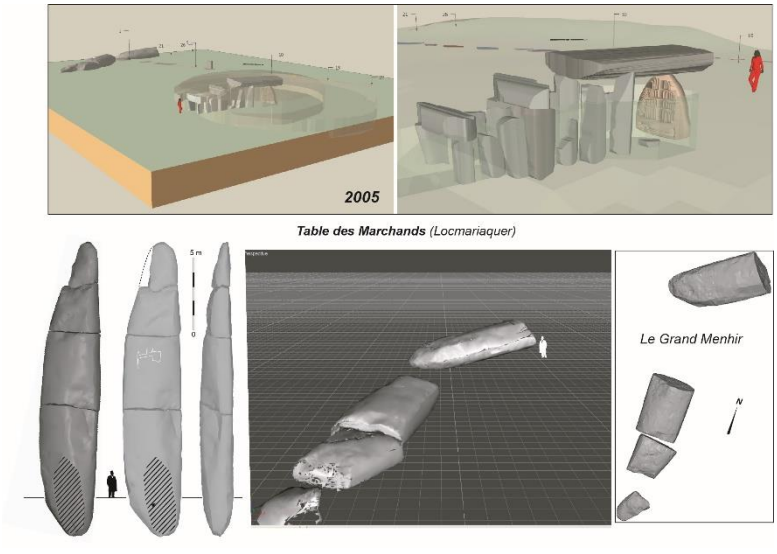


Fig. 4 : Modélisation 3D de la tombe à couloir de la Table des Marchands (Locmariaquer, Morbihan) à partir de plans et d'élévations 2D avec gravures extrudées (2005). Acquisition au théodolite du Grand Menhir.
D'après Cassen et Geffray, 2009.

épaisseurs constantes), l'opérateur peut se déplacer en temps réel dans le monument : tout prend une autre vie et une autre dimension, en révélant notamment les signes à leur juste emplacement mais, bien entendu, sans leur adhésion au relief réel du support (Mané Lud ; Cassen *et al.*, 2005)[15].
Toujours au début des années 2000, la stéréophotogrammétrie est également testée. Elle donne de bons résultats pour documenter les gravures encore visibles de la Table des Marchands (logiciel IGN Poinvilliers v5.5 ; lunette 3D Spex), mais au prix d'un temps d'acquisition et de traitement disproportionné qui empêche de poursuivre dans cette voie. Autre tentative plus fructueuse sur le site, l'emploi d'un théodolite (à distance-mètre infrarouge) autorise un levé assez satisfaisant des surfaces du Grand Menhir, amenant ainsi une restitution inédite de l'objet érigé (fig. 4). Cependant, c'est une nouvelle fois avec nos plans et élévations classiques des années 1980 que nous pouvons obtenir des modèles 3D « bons marchés » (Cassen & Geffray, 2009)[16] susceptibles de nous aider dans la représentation et l'interprétation des phases historiques décelées sur le site, ainsi que dans la critique de la restauration patrimoniale des années 1990.

3

Dans les années 2000, plusieurs expériences européennes mettent en œuvre des instruments divers pour travailler les monuments mégalithiques ornés, variant du scanner par décalage de phase jusqu'à la métrologie optique (Cassen *et al.*, 2013)[17]. La méthode RTI sera aussi, et demeure encore, assez populaire, dans la mesure où l'éclairage sur les gravures se fait en temps réel de façon assez spectaculaire. Cependant, les bonnes conditions devant permettre d'acquérir les objets susceptibles de se prêter à l'exercice sont difficiles à réunir sur le terrain. Quoi qu'il en soit, la grande majorité de ces travaux s'arrêtent là où, en réalité, débute le travail d'inventaire des signes, de reconnaissance des relations d'antéro-postériorité, d'intégration à la morphologie du support. Un parfait modèle 3D du support, aussi spectaculaire soit-il, ne peut compenser une représentation 2D déficiente des gravures qui ne serait pas sous-tendue par une démarche scientifique, où la reproductibilité de l'expérience n'est pas la moindre des exigences. De même, notons bien qu'à l'heure où le rendu de la 3e dimension se développe par ces outils numériques sans contact, les techniques peu ou prou invasives n'ont pas pour autant été stoppées (incluant les prises d'empreintes) et, en 2018, la tradition du levé par feuille cellophane se perpétue par l'enseignement dans certains haut-lieux de l'art rupestre en Europe.
Restons au niveau du tracé. La méthode adoptée est simple et consiste à compiler les contours des enlèvements de matière visibles sur tout type d'image pris depuis une station fixe sous illumination rasante. À chaque éclairage incident correspond une parcelle d'information, qu'il s'agisse du tracé en creux d'un signe, ou du relief réservé d'une figure en champlevé. Nous avons nommé ce procédé ICEO (*images compilées sous éclairages obliques*). C'est assez lent à construire, surtout si le nombre de photographies est multiplié, mais le résultat va en général au-delà des espérances de l'opérateur. À la Table des Marchands, de nouvelles gravures sont apparues parmi des scènes examinées par de très nombreux observateurs, depuis le XIX^{e} siècle. La finesse des détails apparents fut d'ailleurs l'occasion d'introduire une nouvelle couche d'information relevant cette fois des désordres visibles sur le support (desquamations, altérations chromatiques, etc.) ; cet apport indirect à la documentation sera par la suite systématisé. En s'astreignant à nommer les enlèvements de matière détectés, en les décrivant et en explicitant les choix effectués, s'élabore progressivement un dossier de *paradonnées* qui permet à d'autres opérateurs de renouveler l'expérience, à partir du même corpus d'images ou en travaillant depuis une nouvelle source (autre station focale, autres

éclairages, etc.). La reproductibilité du processus et les contrôles croisés sont des atouts déterminants.

Après l'expérience acquise à Locmariaquer, le programme engagé en 2011 sur le monument de Gavrinis constitue un pas décisif dans cette recherche des meilleurs protocoles. Cette tombe est reliée à celle de la Table des Marchands par leurs dalles de couverture qui sont deux éléments d'une même stèle. À Gavrinis, différentes échelles d'acquisition ont exigé différents capteurs, de l'infra-centimétrique nécessaire à la description architecturale à l'infra-millimétrique indispensable pour ressortir la gravure. Il faut reconnaître que certains instruments sont contraignants dans les volumes exigus de la tombe, à l'image du scanner par triangulation. Une solution que nous ne regrettons pourtant pas, d'autant plus qu'à cette date la photogrammétrie était tout juste en train de se démocratiser. En deux ans, tout a changé.

Les données acquises étant cette fois parfaitement maîtrisées et traitées, dans un dialogue permanent entre le spécialiste 3D et l'archéologue, le niveau architectural de la représentation s'en est ressenti immédiatement. Concernant les gravures, la carte des écarts entre le maillage tendu et le maillage d'origine s'est vite avérée être un point d'étape décisif pour avancer dans l'inventaire des tracés (fig. 5). Toutefois, la comparaison faite entre les résultats graphiques obtenus des éclairages obliques *in situ* et le dessin donné par la carte des écarts – dessin qui présente l'avantage d'être géométriquement redressé – démontre que les contours sur ce dernier ne sont pas plus détaillés que sur le premier alors qu'ils en donnent l'impression visuelle, au premier abord (Cassen *et al.*, 2014)[18]. Si la carte des écarts ne permet pas en soi l'identification optimale des signes, elle permet cependant une excellente intégration du levé graphique dans le support restitué en 3D.

À la lumière de ce programme, deux types de documents graphiques sont désormais générés dans chaque étude d'une composition gravée : d'une part l'inventaire des contours détectés, qui est un processus assez neutre ; d'autre part les enlèvements de matière que l'opérateur a cerné et nommé, où le lot d'interprétation doit être assumé (fig. 6). Les relations d'antéro-postériorité sont à cet égard contrôlées et animées au sein d'une matrice organisationnelle (de type « stratigraphie »).

Cependant, à Gavrinis, un écueil de taille est à signaler lorsqu'un support très siliceux se substitue au granite ou à l'orthogneiss. Ici les modèles 3D à l'échelle habituelle d'acquisition sont inopérants pour restituer les gravures[19]. Elles sont en effet à peine creusées et les enlèvements de matière sont très superficiels. Dans la mesure où ces chocs ont provoqué une autre teinte de la roche percutée, l'analyse par décorrélation d'image (logiciel ImageJ, module d'extension DStretch) est apparue comme une possibilité méthodologique à tester. Cette technique permet de mettre en avant des nuances imperceptibles dans l'espace de couleur RVB. Le résultat, spectaculaire sur le grès, ne l'est pas systématiquement sur d'autres roches. Pour lever les tracés apparents, il suffit dès lors de produire des images dans différents espaces de couleur, puis de suivre le protocole ICEO pour en extraire les surfaces gravées.

Ainsi, qu'il s'agisse de photogrammétrie, de lasergrammétrie ou de lumière structurée, nous déclinons un certain nombre de rendus qui ont tous leur utilité au sein de la chaîne opératoire préconisée (Grimaud *et al.*, 2016)[20], de la texture photoréaliste jusqu'à la décorrélation d'image en passant par diverses cartes des reliefs.

Mais ces procédures restituant le tracé n'ont de poids que si un programme d'expérimentation est en parallèle entamé, ce qui n'avait pas été le cas jusqu'ici : les évaluations faites sur les outils, techniques de réalisation, temps de travail, etc., n'étaient que la répétition d'opinions anciennes. Les premiers résultats nous ont d'ailleurs surpris, qu'il s'agisse du métrage linéaire cumulé de la gravure sur la première dalle testée à Gavrinis (de l'ordre de 63 m pour une largeur du tracé de 8 mm et pour une hauteur

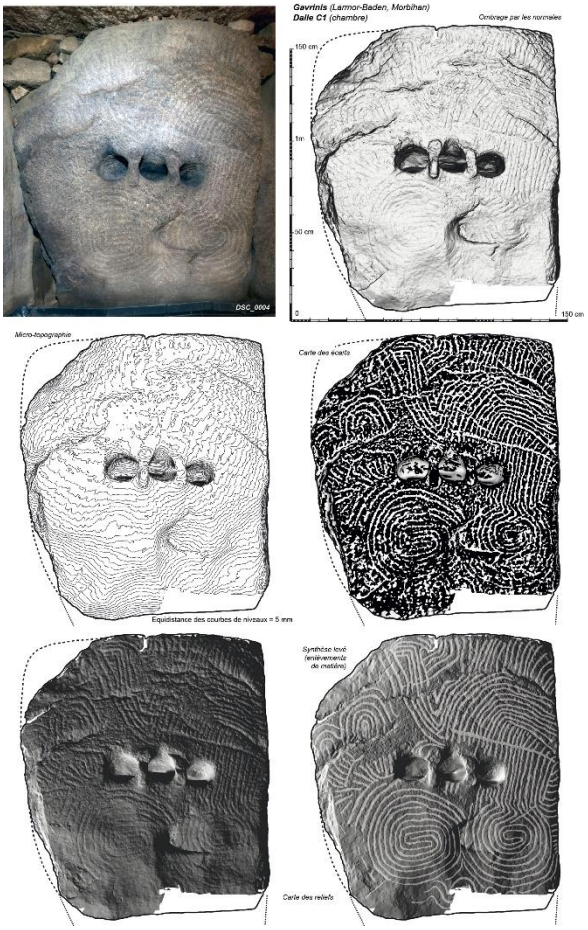


Fig. 5 : Différentes étapes de la représentation de la dalle C1 de Gavrinis (Larmor-Baden, Morbihan) depuis le modèle 3D lasergrammétrique.
DAO et modèle 3D : S. Cassen et V. Grimaud.

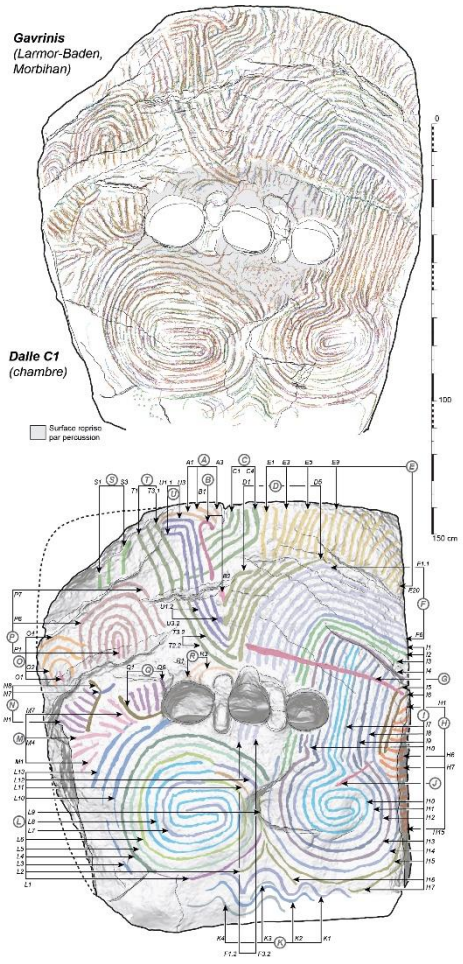


Fig. 6 : Inventaire des tracés à l'issue du levé ICEO in situ (115 clichés) de la dalle C1 de la tombe à couloir de Gavrinis (Larmor-Baden, Morbihan). Inventaire des enlèvements de matière, des motifs et leur nomination sur le modèle 3D.
DAO et modèle 3D : S. Cassen et V. Grimaud.

d'orthostate de seulement 1,6 m) ou du temps de réalisation sur un monolithe de cette dimension (estimé à 2 ou 4 mois selon le nombre d'heures mobilisées chaque jour) (Vourc'h *et al.*, 2018)[21]. Chaque phase expérimentale est documentée par photogrammétrie afin de bien identifier les négatifs d'éclats et afin de proposer un référentiel, sorte de catalogue d'états de surface (Grimaud *et al.*, 2018)[22]. L'objectif était de présenter les grandes étapes de préparation du support, pour un outil donné et sur une roche donnée.

4

Revenons à la stèle du Bronzo mentionnée en début d'article (fig. 7). Nous avons finalement tenté de nous affranchir des éclairages vrais en travaillant avec les éclairages virtuels, tout en utilisant le même procédé de compilation d'images. Pour cela, les scènes sont enregistrées par un capteur en lumière structurée pour être comparées au résultat de la photogrammétrie, pour des fenêtres d'acquisitions équivalentes en taille et une résolution spatiale similaire des images générées. L'exercice est simple car la gravure bien conservée (la face était au sol) est de surcroît obtenue par champlevé. Nous limiterons ici la démonstration au seul oiseau (fig. 8).

– La lumière structurée permet de moins étaler les limites du tracé en creux. Les contours sont plus resserrés. On note, par ailleurs, que le dessin du bec de l'oiseau est cette fois intégralement enregistré, à la différence de notre précédent levé de 2001.

– La photogrammétrie, en revanche, n'a pas pu suivre la totalité du contour du bec, et les tracés sont plus étalés dans leur largeur, bien que leur synthèse se rapproche du modèle précédent. Les négatifs d'impacts, peu visibles en LS, sont ici plus apparents avec l'illumination travaillée dans la carte des normales.

– Une comparaison supplémentaire a logiquement été établie avec le levé sur le terrain par éclairages rasants, la question étant de savoir si nous pouvons désormais abandonner l'acquisition photographique *in situ* en ne travaillant que sur des images virtuelles. La réponse est positive, à échelle comparable d'acquisition et de temps de traitement. Mais force est de constater que les éclairages vrais permettent, à ce jour, une meilleure discrimination entre tracés anthropiques et anomalies naturelles (surfaciques, linéaires).

Il y a sans doute derrière ce seuil que nous ne pouvons encore franchir, une question liée à la perception cognitive d'une surface rocheuse. Cette perception rassemble, avec la vue, les façons dont nous nous comportons avec ces informations d'un lointain passé, comment nous les appréhendons et les assimilons, en nous rappelant des formes, en résolvant des problèmes et en nous orientant face à ces signes et symboles. De surcroît, le cerveau a beaucoup de peine à traiter des images éclairées en niveaux de gris ou en fausses couleurs, et il établit difficilement la distinction entre un pli naturel dans la roche et le bord d'un tracé altéré tel que le restitue une illumination virtuelle. Il ne peut pas non plus discriminer une colonisation biologique adhérente (mousses, lichens, moisissures) sans la couleur et la matière inhérente à l'objet. L'avenir des recherches dira si l'apprentissage automatique ou apprentissage statistique (le fameux *machine learning*), champ d'étude de l'intelligence artificielle, pourra remplir ces tâches difficiles ou problématiques par des moyens algorithmiques.

En attendant, nous sommes tenus de repasser de la 3D à la 2D. Comparer deux objets entre eux suppose une description géométrale. Une fois la gravure replacée dans le support, rappelons que ce support doit lui-aussi être contextualisé s'il fait partie intégrante d'une structure. L'architecture est une certaine conception de l'espace et l'un ne va pas sans l'autre. La tombe ou l'ouvrage de stèles doivent donc être documentés selon les mêmes

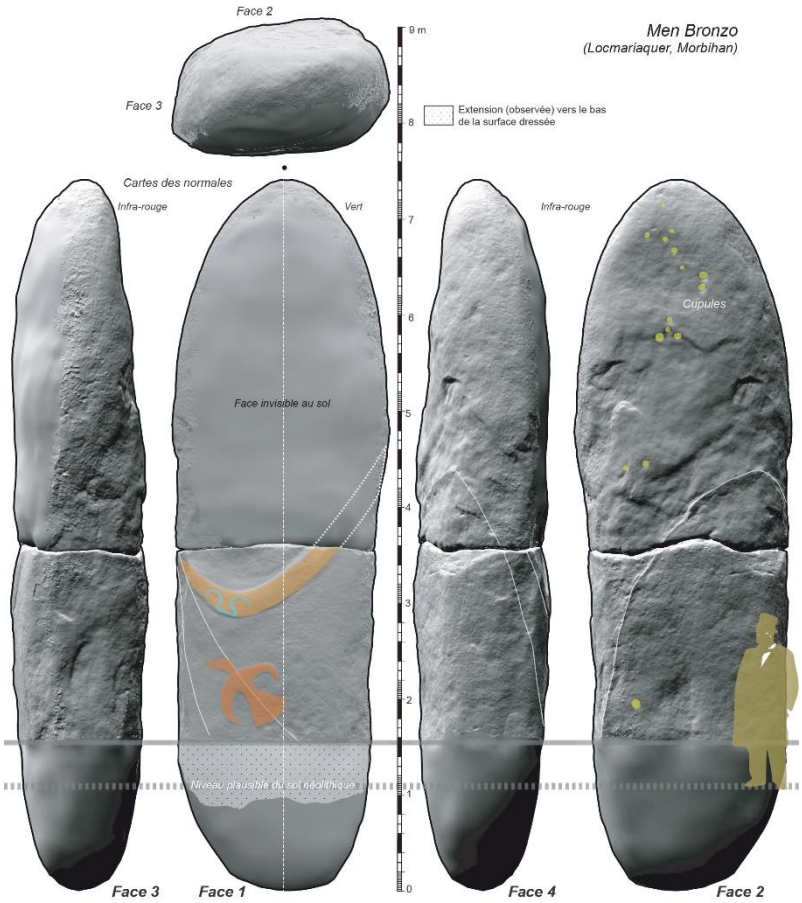


Fig. 7 : Stèle reconstituée du Men Bronzo (Locmariaquer, Morbihan) à partir du levé photogrammétrique ; utilisation des filtres « vert » et « infra-rouge » sur la carte des reliefs.
Photos, DAO et modèle 3D : S. Cassen et V. Grimaud.

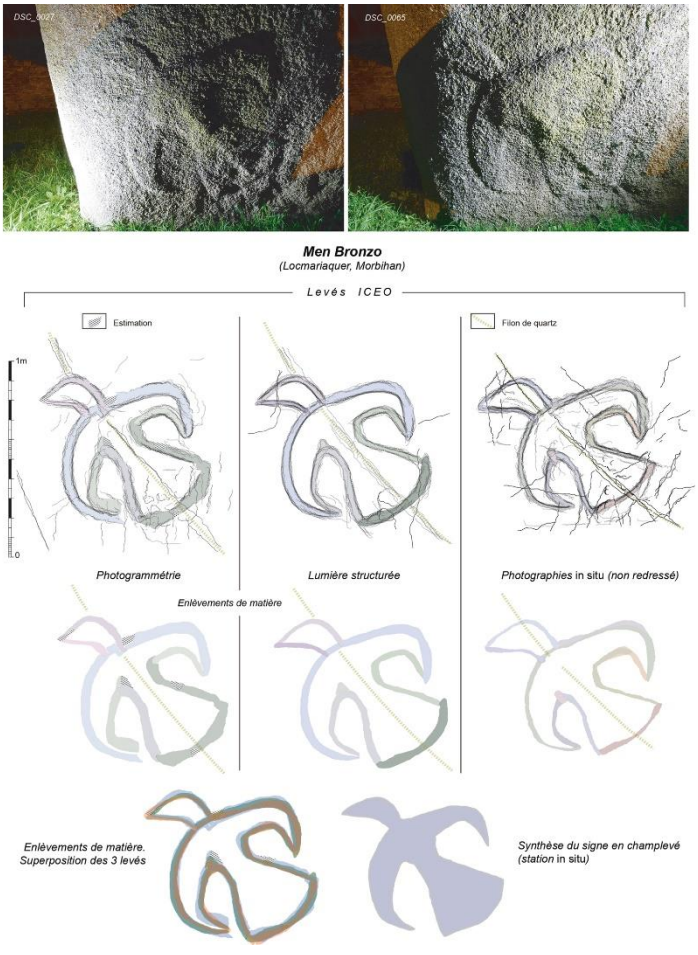


Fig. 8 : Détail sur la stèle du Men Bronzo (Locmariaquer, Morbihan) ; comparatif des levés ICEO par photogrammétrie, lumière structurée et photographies *in situ*.
DAO et modèle 3D : S. Cassen et V. Grimaud.

termes, les mêmes attendus, les mêmes rendus (fig. 2). Ainsi, les parois du couloir et de la chambre funéraire seront déclinées selon le mode réaliste et/ou par illuminations virtuelles. La décorrélation d'image donnera également des indications sur la climatologie ou sur les colonisations biologiques simplifiées, mais aussi une cartographie des altérations chromatiques dues aux chauffes accidentelles, à des inscriptions modernes ou à des oxydations naturelles dans la roche, parfois confondues avec de pseudo-peintures.

5

L'étude de ces gravures conduit enfin à considérer ce que nous avons nommé le hors-champ iconographique. L'expression fut employée à propos de sujets mobiles dont une extrémité déborde de la surface de l'écran pour se prolonger quelque peu sur la tranche du monolithe, à l'image d'un bateau et d'une hache polie emmanchée sur la stèle de Kermaillard (Arzon – fig. 9), non pas par manque de place mais pas une volonté manifeste du graveur et concepteur (Cassen & Grimaud, 2017)[23].
Les cinéastes l'avaient compris, l'œil est attiré d'abord par l'espace occupé et se dirige ensuite vers l'espace libre, ce qui est en accord avec les expériences cognitives les plus récentes sur la question (Kress & Van Leeuwen, 2006)[24]. Les philosophes ont d'ailleurs bien précisé qu'il ne s'agissait pas tant pour le hors-champ de rajouter de l'espace à l'espace, que du spirituel à l'espace. Une action dynamique est par conséquent introduite dans la scène, un mouvement des objets, un trajet des sujets. Nous voici transposés dans la quatrième dimension où le passé recomposé nous apporte l'idée du temps écoulé : passer d'une face à l'autre, d'un espace à l'autre, d'un monde à l'autre.

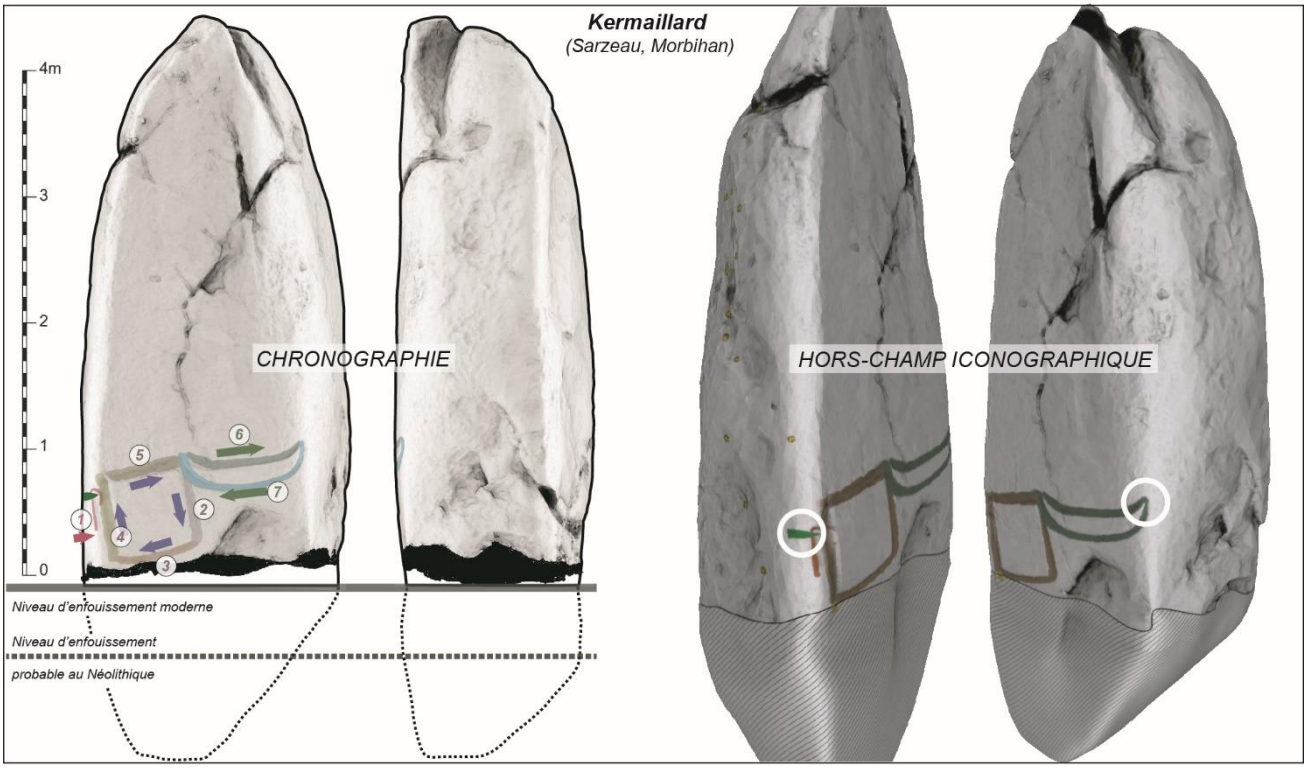


Fig. 9 : Stèle de Kermaillard (Sarzeau, Morbihan) ; chronographie des signes sur la face occidentale et positions des hors-champs iconographiques.
D'après Cassen et Grimaud, 2017, complété.

Notes et bibliographie

[1] Pour ne pas évoquer le tatouage qui peut cependant relever d'un autre registre et d'autres intentions.

[2] Mérimée (P.). – *Notes d'un voyage dans l'Ouest de la France*, 1836. Paris : Adam Biro, 1989. 215 p. (La Porte étroite/écrits sur l'art). <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/btv1b8623239k>.

[3] Caumont de (A.). – *Cours d'Antiquités monumentales : histoire de l'art dans l'Ouest de la France, depuis les temps les plus reculés jusqu'au XVII siècle. Tome 1, Première partie : Ère celtique.* Paris : Lance, Caen : Chalopin, Rouen : Frère, 1830. <https://digi.ub.uni-heidelberg.de/diglit/caumont1830bd1_1/0001>.

[4] Maître (A.). – Le Tumulus de Gavrinis. Explication de l'origine des dessins sculptés sur les pierres de l'allée couverte. *Revue Archéologique*, 1885, p. 1-11.

[5] Closmadeuc DE (G.). – *Sculptures lapidaires et signes gravés des dolmens dans le Morbihan.* Vannes : Imp. De Lamarzelle, 1873.

[6] Shee Twohig (E.). – *The Megalithic Art of Western Europe*. Oxford: Clarendon Press, 1981. 560 p.

[7] Breuil (H.), Boyle (M.E.). – *Quelques dolmens ornés du Morbihan. Essai de déchiffrement de leurs décorations.* Préhistoire, t. XIII. Paris : Presses universitaires de France, 1959. 147 p.

[8] Poulet (F.), Lucas (M.). – Modelling Megalithic Sites. *In : Proceedings of Eurographics' 96. Computer Graphics Forum*, vol. 15, issue 3, 1996, p. 279-288.

[9] Cassen (S.), Lescop (L.), Grimaud (V.). – Pour une critique de la représentation tridimensionnelle des architectures mégalithiques en Europe occidentale. Méthodes et usages actuels. *Annales de Bretagne et des Pays de l'ouest*, t. 120, n° 1, 2013, p. 7-31.

[10] Boujot (C.), Cassen (S.). – Explorations du tertre de Lannec er Gadouer. Les fouilles de 1993 à 1997. *In :* Cassen (S.), Boujot (C.), Vaquero (J.) dir. – *Éléments d'architecture. Exploration d'un tertre funéraire à Lannec er Gadouer,Erdeven, Morbihan. Constructions et reconstructions dans le Néolithique morbihannais. Propositions pour une lecture symbolique*. Chauvigny : Association des publications chauvinoises, 2000, p. 29-91. (Mémoire de la Société de recherches archéologiques de Chauvigny ; 19).

[11] Buchsenschutz (O.). – De l'image à la base de données archéologique. *Anthropologie et Préhistoire*, 110, p. 25-30.

[12] Boujot (C.), Cassen (S.), Defaix (J.). – La Pierre décorée du caveau et les gravures régionales nouvellement découvertes. *In :* Cassen (S.), Boujot (C.), Vaquero (J.) dir. – *Éléments d'architecture. Exploration d'un tertre funéraire à Lannec er Gadouer,Erdeven, Morbihan. Constructions et reconstructions dans le Néolithique morbihannais. Propositions pour une lecture symbolique*. Chauvigny : Association des publications chauvinoises, 2000, p. 277-297. (Mémoire de la Société de recherches archéologiques de Chauvigny ; 19).

[13] Cassen (S.), Vaquero Lastres (J.). – *Les Marches du Palais. Recherches archéologiques sur alignements de stèles et tertres funéraires néolithiques autour de la baie de Quiberon (Morbihan, 2000-2002).* Nantes : Laboratoire de Préhistoire, Université de Nantes, 2003. 166 p.

[14] Cassen (S.), Merheb (M.). – Stone surfaces, earth surfaces: notes about the recording and the 3D representation of engraved steles within neolithic funeral structures in western France (Locmariaquer, Carnac – 4700-3800 cal. BC.). *In:* Dobrovolskaya (M.) ed. – *Mejedistsplinarie Issledovania v Arkheologii. Interdisciplinary Investigation in Archaeology*. Moscow: OPUS, 4, 2005, p.182-191.

[15] Cassen (S.), Lefèbvre (B.), Vaquero Lastres (J.), Collin (C.). – Le Mané Lud en sauvetage (Locmariaquer, Morbihan). Enregistrement et restitution de signes gravés dans une tombe à couloir néolithique. *L'Anthropologie*, 109, 2005, p. 325-384.

[16] Cassen (S.), Geffray (O.). – L'enregistrement 3D des faits accomplis : acquisition de données numériques des volumes sur monument restauré. *In :* Cassen (S.) dir. – *Autour de la Table. Explorations archéologiques et discours savants sur des architectures néolithiques à Locmariaquer, Morbihan (Table des Marchands et Grand Menhir). ACR 2003-2006* : actes du colloque international, Vannes (Morbihan), 5-7 oct. 2007. Nantes : LARA, Université de Nantes, 2009, p. 817-825.

[17] Cf. note 9.

[18] Cassen (S.), Lescop (L.), Grimaud (V.), Robin (G.). – Complementarity of acquisition techniques for the documentation of Neolithic engravings: lasergrammetric and photographic recording in Gavrinis passage tomb (Brittany, France). *Journal of Archaeological Science*, vol. 45, 2014, p.126-140. <10.1016/j.jas.2014.02.019>.

[19] Un changement d'échelle résout bien entendu le problème, mais il s'agit alors de tracéologie.

[20] Grimaud (V.), Cassen (S.), Rodríguez-Rellán (C.). – De l'usage de la représentation tridimensionnelle pour documenter les architectures funéraires monumentales ornées du Néolithique de l'ouest de la France. *Les nouvelles de l'archéologie* [En ligne], 146, 2016, p. 23-27. Mis en ligne le 31 janvier 2018, consulté le 19 mars 2019. <http://journals.openedition.org/nda/3828>. <10.4000/nda.3828>.

[21] Vourc'h (M.), Chaigneau (C.), Cassen (S.), Grimaud (V.). – Rock art experiment in Gavrinis: presentation, methods and results. *In: V Congreso Internacional de Arqueología Experimental EXARC, Tarragona, 25-27 oct. 2017. Butlletí Arqueològic,* V, 40, 2018, p. 95-102.

[22] Grimaud (V.), Cassen (S.), Chaigneau (C.), Vourc'h (M.). – Constitution d'un référentiel 3D des états de surfaces observés sur les dalles ornées néolithiques dans l'Ouest de la France. *In: V Congreso Internacional de Arqueología Experimental EXARC, Tarragona, 25-27 oct. 2017. Butlletí Arqueològic,* V, 40, 2018, p. 299-304.

[23] Cassen (S.), Grimaud (V.). - Enregistrements, représentations et analyse structurale d'une stèle néolithique gravée dans l'ouest de la France. Kermaillard à Sarzeau (Morbihan, France). *Bolletino del Centro camuno di Studi Preistorici,* 43, 2017, p. 33-56.

[24] Kress (G.), Van Leeuwen (T.). – *Reading images: the grammar of visual design*. London/New York : Routledge, 2006. 312 p.