

# Naexus : dispositif immersif mobile pour la valorisation du patrimoine

Laurent Lescop

École nationale supérieure d'architecture (UMR 6566)

[laurent.lescop@nantes.archi.fr](mailto:laurent.lescop@nantes.archi.fr)

Serge Cassen

Laboratoire de recherches archéologiques (CNRS, UMR 6566, Université de Nantes)

[serge.cassen@univ-nantes.fr](mailto:serge.cassen@univ-nantes.fr)

Valentin Grimaud

Laboratoire de recherches archéologiques et Ensan, Université de Nantes (UMR 6566)

[valentin.grimaud@univ-nantes.fr](mailto:valentin.grimaud@univ-nantes.fr)

**Résumé :** La valorisation de sites archéologiques se fait parfois aux moyens de dispositifs immersifs permettant aux spectateurs d'être plongé au cœur d'un environnement reconstitué virtuellement. Ces dispositifs immersifs sont généralement chers et lourds et assez rarement positionnés sur le lieu concerné.

Développé depuis 2009 conjointement entre l'École Nationale Supérieure d'Architecture de Nantes et la Hochschule (Bauhaus) de Dessau en Allemagne, le Naexus est un dispositif immersif, mobile, peu onéreux et facile à mettre en œuvre. Disposant d'un écran panoramique de 12 m de long sur 2 m de haut, le Naexus offre pour une douzaine de spectateurs simultanément, la possibilité d'effectuer des visites virtuelles, de visualiser des films ou encore des diaporamas interactifs sophistiqués.

**Mots-clés :** immersion, Virtuel, 3D, valorisation, patrimoine, scénographie, Gavrinis

**Abstract :** Immersive devices are sometimes used for virtual visits allowing spectators to discover historical sites or buildings. These immersive devices are generally expensive and rarely positioned on location nearby the archeological site.

Jointly developed since 2009 by the Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Nantes in France and the Hochschule (Bauhaus) Dessau in Germany, Naexus is an unexpansive mobile immersive device. With a widescreen of 12 m long and 2 m high, Naexus offers for a dozen spectators, virtual tours, movies or sophisticated interactive slideshows.

**Keywords :** Gavrinis, Neolithic, cairn, passage grave, archeology, lasergrammetry, photogrammetry, low-tech techniques, restitution, public presentation, real time visits, Naexus

## AVANT-PROPOS

Gavrinis est situé sur une petite île du Golfe du Morbihan. Le cairn est réputé pour son exceptionnelle profusion de gravures, mais commence à souffrir de visites simultanées nombreuses dans un environnement très confiné. La valorisation du site passe dès lors par un modèle de restitution virtuel pouvant être associé à un modèle de réplique. Le modèle virtuel doit trouver une place dans le déroulé de la visite, soit en introduction, soit en appui, ou bien encore, en conclusion. Dans tous les cas, il s'agit d'une réflexion globale sur la scénographie de visite pour laquelle il s'agit de concevoir un temps consacré à l'information et un autre à l'émerveillement.

## UN MODÈLE VIRTUEL DANS UN DISPOSITIF NOMADE

Le Néolithique est peu connu du grand public, il est souvent confondu en Bretagne avec la période celte qui ne survient que 3000 ans plus tard. La scène du druide effectuant des sacrifices sur des dolmens est aussi présente dans l'imagerie populaire que celle d'Obélix et son menhir. À cette confusion temporelle, il faut ajouter un malentendu stylistique. Les mégalithes sont perçus comme un assemblage maladroit de pierres grossières fort éloignés de la rigueur formelle des constructions égyptiennes ou du raffinement de l'architecture grecque. Pourtant, ainsi que cela peut être apprécié dans certaines restaurations, les constructions font preuve d'une technique maîtrisée, ce que transmettent difficilement les

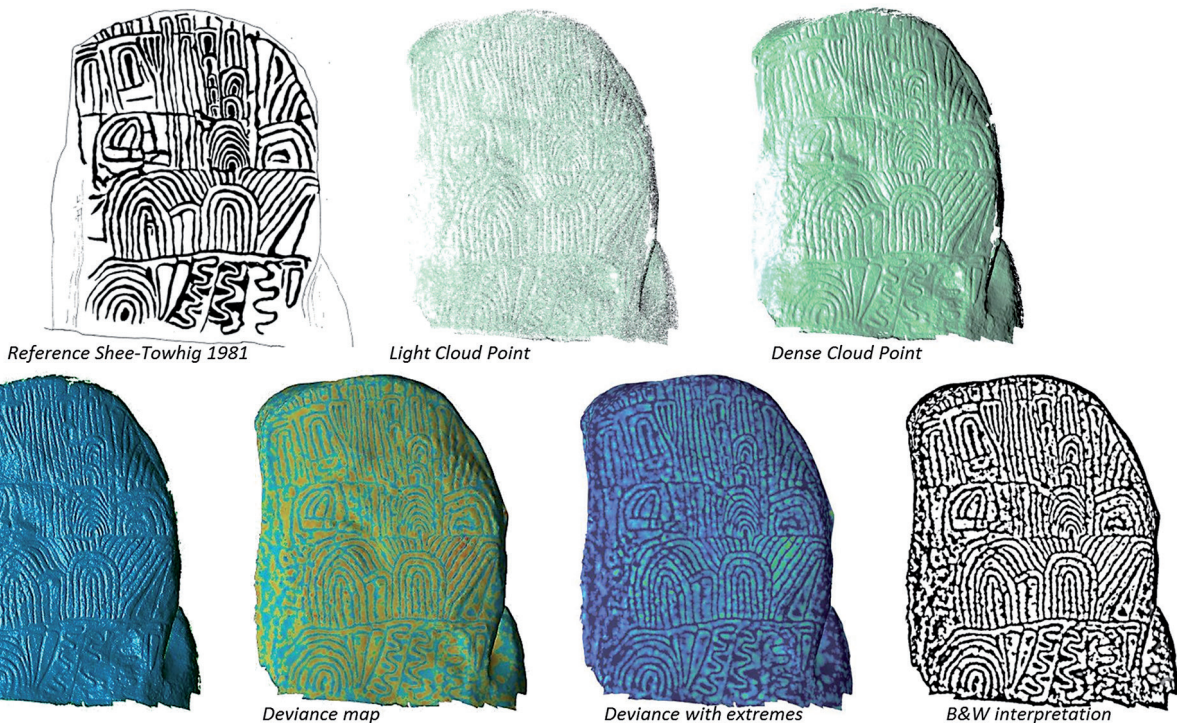
blocs ruinés qu'il nous reste. Cette architecture savante, révélant le déploiement de très importants moyens techniques et humains est dédiée au funéraire, tandis que les habitations, construites avec des matériaux non durables sont plus difficiles à retrouver. Contrairement aux grottes ornées du paléolithique qui bénéficient d'une importante notoriété du fait de leur immédiat et évident attrait artistique, les gravures néolithiques peuvent sembler plus austères. Toutefois, une meilleure familiarité avec ces représentations rendrait évidente la permanence de ces formes avec ce qui se produit ailleurs, autour de nous, depuis fort longtemps et encore maintenant.

#### ENREGISTRER GAVRINIS

La masse des monuments, leur place dans le paysage, le dialogue qu'ils entretiennent dans la géographie des lieux avec l'histoire et le légendaire, sont autant de facteurs de fascination et d'intérêt pour tout un chacun. Parmi eux, Gavrinis est l'un des sites les plus remarquables de l'architecture néolithique. Même après sa fermeture vers 3400 a.C., le monument n'est pas oublié et conserve une présence dans la culture vernaculaire. Les explorations du XIX<sup>e</sup> siècle, en 1832 tout d'abord, puis entre 1884 et 1886 avec Gustave de Closmadec donnent au site une notoriété importante dans les sociétés savantes et suscitent un vif intérêt. Les contours du cairn/tumulus enveloppant le couloir

et la chambre ne sont restitués que dans les années 1970, par le Service Régional de l'Archéologie de Bretagne dirigé par Charles-Tanguy Le Roux<sup>1</sup>. Le relevé des gravures, remarquées dès les premières investigations, est effectué par Elizabeth Shee Twohig en 1981 et a été le seul utilisé depuis lors. La dalle de couverture possède une face gravée en champlévé laissant apparaître deux animaux cornus, un cachalot et un petit personnage. Ce bloc impressionnant appartient à un ensemble encore plus important dont un autre morceau se trouve à la Table des Marchands. Si le couloir est ouvert à la visite, la face gravée de la dalle de couverture, orientée vers le haut et protégé par une chambre réalisée au moment de la restauration, n'est pas accessible au public.

Le travail de restitution destiné à la compréhension du monument puis à la médiation, est infiniment complexe : l'architecture est irrégulière, non répétitive et non prédictible. Les hypothèses visant à compléter le modèle sont encore spéculatives mais vont en ce précisant. L'interprétation des gravures de Gavrinis, thématique majeure pour les chercheurs et le public, connaît des avancées importantes<sup>2</sup>, mais ce travail d'interprétation demande aussi un nouvel enregistrement des données, tant pour acquérir que pour renouveler le regard porté sur le sujet. Les outils numériques pour l'acquisition, le traitement et la représentation sont désormais indispensables notamment dans la description fine de l'objet par rapport à son contexte.



Traitement de la stèle R8.

1. Le Roux 1984, 240-245.

2. Cassen 2013, 11-69.

Deux relevés laser ont été réalisés au mois de mars 2011. L'un à l'échelle architecturale, l'autre à l'échelle des dalles de paroi. Près de 105 millions de points ont été enregistrés, distants d'environ un millimètre pour les orthostates et de quelques millimètres à quelques centimètres pour le monument. En parallèle, un relevé photographique permet de compléter les données acquises par laser.

Un travail important de post-traitement de l'information a été réalisé et rendu compte dans des articles scientifiques<sup>3</sup>. Les logiciels, inadaptés aux données qu'ils avaient à traiter ont été poussés dans leurs retranchements ; en effet, ce qui était considéré comme des erreurs par le logiciel était en fait l'information que nous cherchions à mettre en évidence. Les images et modélisations 3D obtenues grâce à une première exploitation des données ont rapidement permis d'apprécier le pas accompli en regard de la documentation disponible. Cinq champs d'application se sont distingués : l'analyse architectonique de l'édifice, les tracés des gravures restitués en regard de la morphologie des supports, la chronologie des compositions par recoupements de tracés et enfin l'observation des états de surface. Ce dernier point est particulièrement important puisqu'il concerne la pérennité de la restauration. L'enregistrement lasergrammétrique s'est toutefois révélé insuffisant pour corréliser l'ensemble des données et un levé photogrammétrique a été expérimenté alors que la technique était juste émergente. La fusion

des modèles lasergrammétriques et photogrammétriques a permis d'avoir un modèle complet des faces visibles. Un travail plus déductif des faces invisibles donne une idée assez juste de l'ensemble des masses.

LE NÆXUS

Le programme de recherche consacré à Gavrinis a toujours comporté le volet médiation, tant pour intégrer la question technique de la plasticité des données que pour interroger différents modes de représentation. Pour avancer sur ces questions, nous avons conçu le Næxus qui est un dispositif nomade, économique, capable d'aller là où se trouve du public : Le Næxus est une coproduction scientifique et technique de la Hochschule Anhalt (FH) de Dessau et de l'École Nationale Supérieure d'Architecture de Nantes au sein des laboratoires CERMA et GERSA. Le Næxus se présente sous la forme d'une bulle immersive équipée dans son espace intérieur d'un écran panoramique et d'enceintes pour la restitution sonore tridimensionnelle. À l'extérieur, la structure offre des surfaces d'exposition. Dans le modèle actuellement en service, le rayon maximal est de 3 m, l'utilisateur est au centre d'un cercle de 5 m de diamètre ce qui correspond à une utilisation pour une dizaine de personnes à la fois.

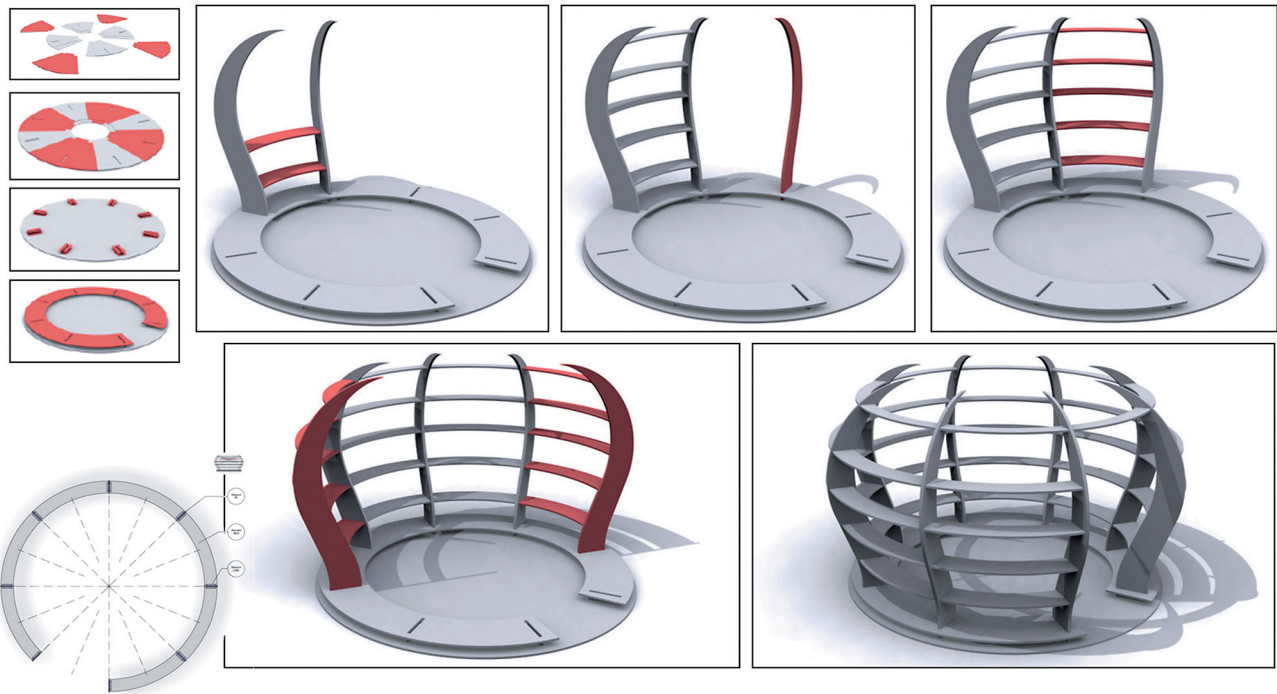
L'impression d'immersion donnée par la couverture de l'ensemble du champ visuel. La projection se fait sur un écran courbé à 220° d'1 m 50 sur 15 mètres de long. L'image

Éléments sous droit d'auteur - © Ausonius Éditions octobre 2015 : embargo de 2 ans

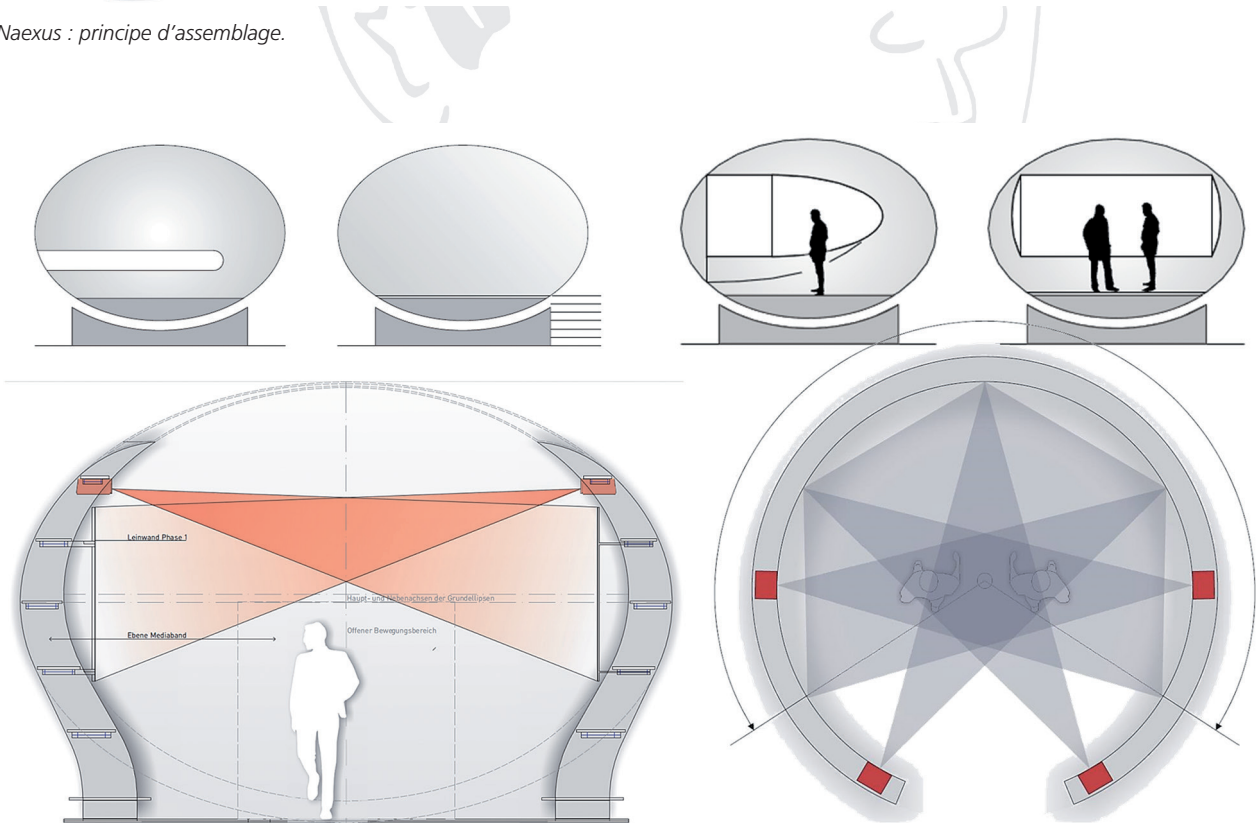


*Le Naexus à l'École Nationale Supérieure d'Architecture de Nantes).*

3. Cassen et al. 2012 ; Lescop et al. 2013, 561-568.



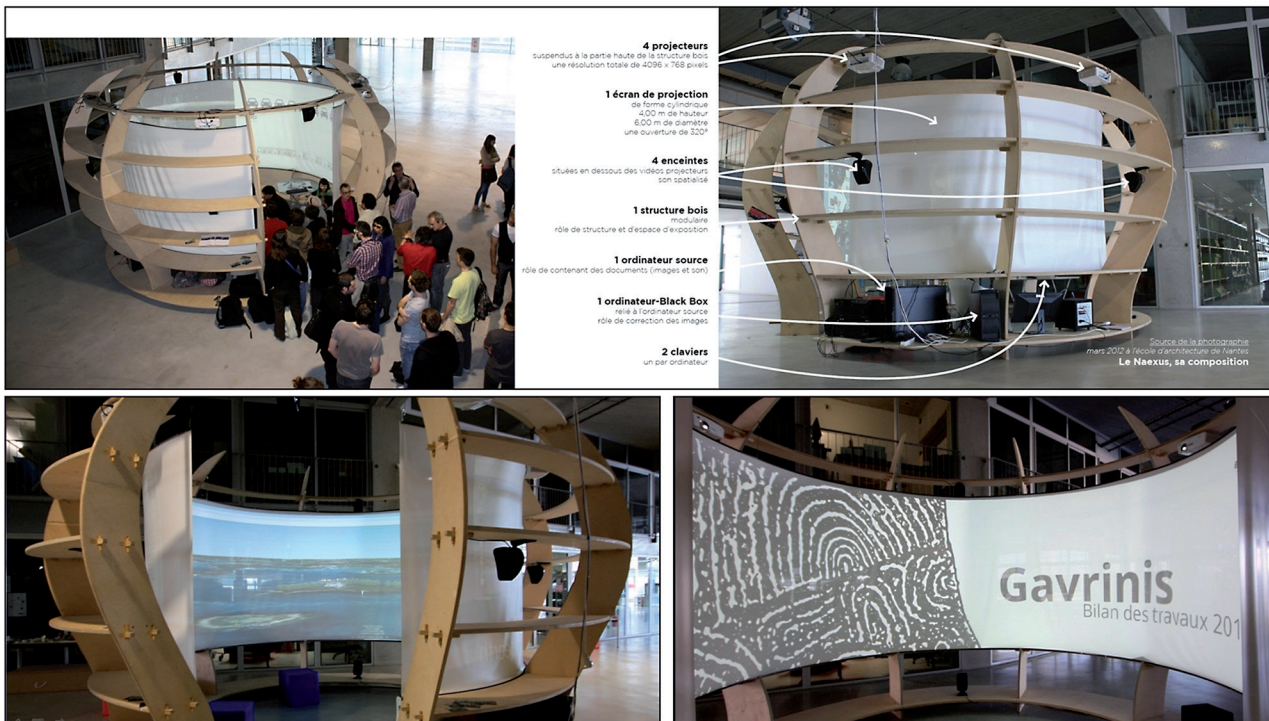
Naexus : principe d'assemblage.



Position du spectateur et projections.

environne complètement l'utilisateur, lui procurant une forte sensation immersive. Techniquement, Næxus est équipé de 4 vidéoprojecteurs classiques de type Home cinéma, placés sur la partie haute de la structure. L'image projetée à l'écran n'est produite que par une seule machine, et, contrairement aux systèmes équivalents demandant une technologie propriétaire, qu'elle soit issue d'un logiciel 3D, d'un film ou de toute application elle sera toujours affichée. Le système est donc parfaitement transparent pour l'utilisateur. Au sortir de l'ordinateur, elle l'image est découpée répartie sur les vidéoprojecteurs et recomposée sans que les jointures ne se voient grâce à la technologie VIOSO<sup>4</sup>. Le Næxus est un compromis technique. C'est un compromis entre le prix, la souplesse d'usage, la qualité d'affichage et de diffusion sonore. C'est aussi un manifeste technologique cherchant à porter du contenu scientifique auprès du grand public, là où il se trouve. La stabilité de l'assemblage est assurée par sa forme sphérique une fois tous les éléments en place. Le montage se fait en une journée par une équipe de trois personnes. L'ensemble est inférieur à la tonne afin de pouvoir être transporté dans un fourgon ne réclamant pas de permis de conduire particulier. Le Næxus travaille avec un son 3D. Cela signifie que, les yeux fermés, il est possible d'évaluer la distance à un émetteur et sa position précise dans l'espace, ce qui n'est pas possible avec

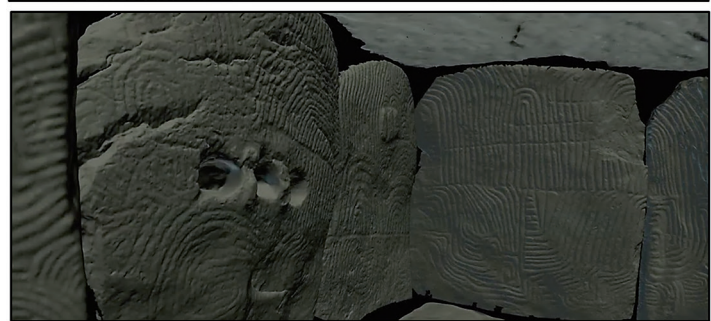
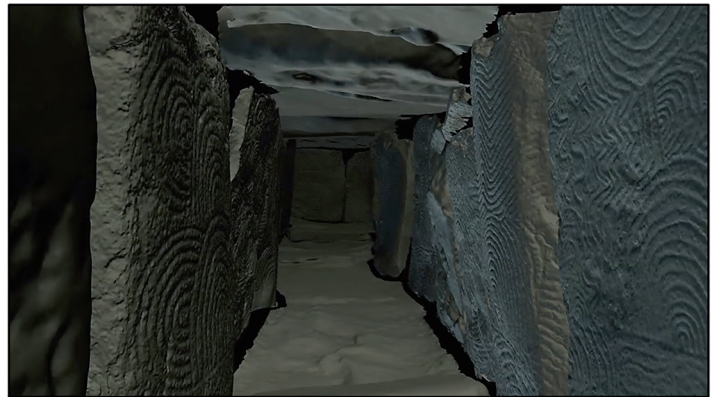
un système classique 5.1 et encore moins stéréophonique. Les enceintes sont placées dans une géométrie précise au centimètre, ici une sphère, avec une couronne à hauteur d'oreilles de 5 enceintes, 2 zénithales et 1 basse dans l'axe accompagnée de 2 caissons de basse en latéral. Le logiciel Bidule<sup>5</sup>, construit la géométrie virtuelle de l'espace sonore. La carte MOTU<sup>6</sup> connectée par USB fait l'interface entre le système logiciel et les enceintes. L'écran, après avoir été longtemps translucide, est monté sur un contreplaqué fin divisé en 5 segments. La longueur impose les modules pour le transport et le nombre impair de segment est donné par la contrainte de ne pas avoir de jointure dans l'axe principal du regard, même si l'assemblage est quasiment invisible. L'écran est l'élément le plus complexe du dispositif, sa position, sa forme, son envergure conditionnent directement l'usage et le confort d'utilisation. Trop haut, les spectateurs se trouvent dans une position inconfortable, trop bas et les projecteurs produiront des ombres. Si l'écran est trop long, les visiteurs hésiteront à entrer dans le Næxus, s'il est trop court, l'impression d'immersion sera amoindrie pour ressembler à un écran cinématographique. À simple courbure, l'écran est économique et facile à fabriquer, à double courbure, il offre une impression de relief saisissante, mais le coût grimpe spectaculairement.



Naexus : caractéristiques techniques et pratiques.

4. <http://www.vioso.com/>

5. <http://www.plogue.com/produits/bidule/?lang=fr>  
6. <http://www.motu.com/index.html>



Mise en scène du Naexus et diffusion du contenu.

#### UN DISPOSITIF NOMADE DANS UN MONDE RÉEL

Le Naexus est régulièrement utilisé pour les présentations publiques, ce qui représente autant d'occasions d'éprouver le dispositif. Nous voulons surtout distinguer le moment de la visite sur site où doit s'exprimer l'affect et la visite virtuelle durant laquelle est constituée l'information. La visite virtuelle fait considérer la visite sur site de façon différente, permettant de projeter des connaissances scientifiques sur un fond réel. La visite virtuelle n'est jamais considérée comme une substitution à la visite réelle, mais bien un complément spectaculaire permettant de saisir les enjeux complexes des constructions mégalithiques.

#### CRÉATION D'UN CONTENU POUR LE NÆXUS

À la manière d'un spectacle itinérant, le Næxus est l'évènement autant que peut l'être son contenu. Le principe provoque la curiosité avant même que ne soit dévoilé son contenu. Ce dernier toutefois, fait l'objet de choix multiples et donc de recherches attentives. Le rapport à l'image n'est pas seulement celui d'un écran de cinéma. La présence d'un médiateur, la possibilité d'interagir, la possibilité de commenter modifient l'expérience immersive qui est souvent un solipsisme. Le contenu doit donc répondre à cette contrainte. Il faut pouvoir agir dessus, le rendre interactif. Il faut pouvoir regarder dans toutes les directions sans donner l'impression qu'il y existe un point focal particulier. Il faut

enfin maîtriser le temps en offrant la possibilité de ralentir la présentation ou au contraire, la rendre plus dynamique.

Pour revenir à Gavrinis, la médiation a été organisée autour de deux pièces majeures : la visite virtuelle et interactive du cairn et le détail de la chronologie de la stèle L6 sous la forme d'un film. Ce dernier se déclenche à volonté lorsque la visite virtuelle passe aux voisinages de la dalle. En introduction de la visite, des visuels contextualisent la période historique concernée puis mettent en évidence, lors d'une petite animation interactive, les relations visuelles entre les grands sites de l'estuaire de la rivière de Vannes, dessinant ainsi la densité des sites mégalithiques de cette partie du Golfe du Morbihan.

Au-delà de la question technique, la conception du Næxus interroge la question de l'aménagement du territoire. Les nouvelles technologies sont souvent l'objet d'enjeux importants pour les gestionnaires. Les nouveautés techniques attirent le public et distinguent les sites en les mettant sous les feux des médias. Toutefois, leur pérennité est faible à comparer avec l'investissement qu'elles ont demandé.

## Bibliographie

- Closmadeuc, G. (1864) : *L'île de Gavrinis et son monument*, Vannes.
- Le Roux, C.-T. (1984) : "À Propos des fouilles de Gavrinis (Morbihan). Nouvelles données sur l'art mégalithique, Armoricaïn", *Bulletin Société Préhistorique Française*, 1, 8, 240-245.
- Shee Twohig, E. (1981) : *The Megalithic Art of Western Europe*, Oxford.
- Cassen, S. (2011) : "Le Mané Lud en mouvement. Déroulé de signes dans un ouvrage néolithique de pierres dressées à Locmariaquer (Morbihan)", *Préhistoires Méditerranéennes*, 2, 11-69.
- Cassen, S., V. Grimaud, L. Lescop, D. Morel, Q. Querré (2014) : "Bienfaits et limites d'un enregistrement lasergrammétrique dans la tombe à couloir de Gavrinis (Morbihan, France)", in : Costa, L., F. Djindjian, F. Giligny, dir., *3<sup>e</sup> Journées d'Informatique et Archéologie de Paris, 1-2 juin 2012*, Archeologia e calcolatori sup. 5, 47-59.
- Lescop, L., S. Cassen, V. Grimaud (2013) : "Gavrinis The raising of digital stones", in : de Luca, L., *Proceedings of the 2013 Digital Heritage International Congress 2013, 28 Oct - 1 Nov*, Marseille, France DigitalHeritage: federating the 19<sup>th</sup> Int'l VSMM, 10<sup>th</sup> Eurographics GCH, & 2<sup>nd</sup> UNESCO Memory of the World Conferences, plus special sessions from CAA, Arqueologica 2.0, Space2Place, ICOMOS ICIP & CIPA, EU projects, et al., volume 2, 561-568, IEEE.
- Boujot, C. et S. Cassen (2000) : "La Constitution sédimentaire des tertres", in : *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, Mémoire 19, 153-164.
- Cassen, S., L. Lescop, V. Grimaud (2013) : "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*, tome 120, n° 1, 2013, 7-31, Rennes.

## REMERCIEMENTS

Claus Diessenbacher, Michael Walter, Hochschule Anhalt (FH) de Dessau, le Ministère de la Culture et de la Communication, la CIRA (Commission Interrégionale de la Recherche Archéologique), le CG56 (Conseil Général), le SRA (Service régional de l'archéologie) Bretagne, le SDAM (Service départemental d'archéologie du Morbihan), Y. Belenfant (Compagnie des Ports), le CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique) et l'ENSANantes (École Nationale Supérieure d'Architecture de Nantes).

