

## RÉSULTATS PRÉLIMINAIRES D'UN PROJET DE RECONSTITUTION 2D ET 3D DE STRUCTURES D'HABITATS PRÉHISTORIQUES PAR LE LOGICIEL DE GESTION D'OBJETS GRAPHIQUES ARCINFO

### 1. INTRODUCTION

La reconstitution de structures d'habitat à partir des différents éléments de sa construction, dont la plupart, en matériau périssable, ont disparu, fait partie des problèmes archéologiques, où l'informatique peut apporter partiellement ou totalement, un apport méthodologique et pratique pour l'exactitude et la rapidité de la reconstitution.

Cette problématique a déjà été abordée pour des constructions réalisées à partir d'éléments standards (pierres, tuiles, colonnes, etc...) pour des constructions dont les architectures sont globalement connues par leur plan au sol. Les logiciels d'architecture assistée par ordinateur sont une bonne solution pour ce type de reconstitution.

Dans le cas de structures où, à la fois les éléments de la construction ne sont pas standards ou ont été faits d'un matériau en majorité périssable (pizé, bois, peaux, branchages, etc...), et le plan de l'architecture n'est pas connu ou fait partie de la reconstitution à effectuer, l'approche précédente n'est plus utilisable.

La présente communication fournit les résultats préliminaires d'un projet, mené conjointement entre le laboratoire UPR 315 du CNRS, le laboratoire d'informatique pour les Sciences Humaines (LISH) du CNRS, et l'Institut d'Archéologie de l'Académie Nationale des Sciences d'Ukraine, concernant la reconstitution de cabanes paléolithiques construites en os de mammouth, utilisant le logiciel de gestion d'objets graphiques ArcInfo.

### 2. LES CABANES PALÉOLITHIQUES CONSTRUITES A PARTIR D'OSSEMENTS DE MAMMOUTH

Dans les grandes plaines d'Europe orientale, au maximum glaciaire du Würm récent, entre 28 000 BP et 12 000 BP, ont été découvertes des structures d'habitats paléolithiques, construites à partir d'ossements de mammouths: en Moravie (Dolni-Vestonice, Pavlov), en Petite Pologne (Cracovie), en Russie (vallée de la Desna, vallée du Don), en Ukraine (vallée du Dniepr) (DESBROSSE, KOZLOWSKI 1994).

En Ukraine, les structures d'habitat sont particulièrement bien conservées et célèbres: Mezine, Kiev-Kirillovskaia, Mezeritche, Dobranitchevka, Gontsy, et sont datées autour de 15 000 BP (PIDOPLITCHKO 1969). Ces dernières structures d'habitat sont conçues sur une architecture relativement standardisée: une cabane ronde d'un diamètre de six mètres environ, avec un

foyer central. Autour de la cabane, de nombreuses fosses-silos, des ateliers de taille de silex, des foyers.

Les cabanes, découvertes par la fouille archéologique, se présentent sous l'aspect d'accumulations circulaires d'ossements, principalement de mammouth, sur plusieurs épaisseurs (Fig. 1).

La difficulté de la reconstitution réside dans la réaffectation des ossements a posteriori à leur place originelle dans la paroi extérieure, dans la couverture ou dans des aménagements ou parois intérieures, le tout dans une architecture cohérente, sur le plan ethnologique et mécanique.

Des tentatives de reconstitution ont été faites. La plus célèbre d'entre elles est la reconstitution de la cabane n°1 de Mezeritche exposée au Musée de Zoologie à Kiev (Ukraine), faite à partir des vestiges archéologiques eux-mêmes (Tav. XI, a). Il est généralement admis dans la communauté scientifique que ces reconstitutions ne sont pas exactes pour de multiples et différentes raisons: poids de la cabane reconstituée (qu'il a fallu étayer par des piliers

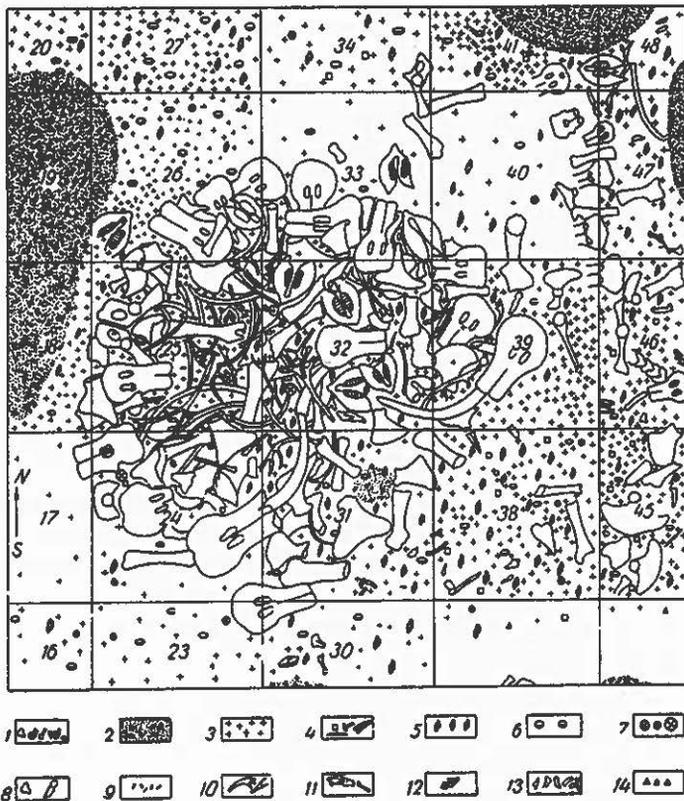


Fig. 1 - La Cabane n°1 de Mezeritche (PIDOPLITCHKO 1969, Fig. 27).

en acier), ouverture de la cabane trop exposée aux vents froids périglaciaires, superposition instable de certains ossements (qu'il a fallu visser), etc...

Plusieurs problèmes architecturaux restent encore à résoudre: la cabane était-elle semi-enterrée (et dans ce cas, la rangée circulaire de crânes de mammouth serait-elle les fondations de ces cabanes?) Où était située l'entrée et comment était-elle construite? (entrée souterraine?). Quelle était le type de la couverture? Quel était le rôle architectural des aménagements intérieurs?

La cabane n°1 de Mezine a été choisie dans le cadre de ces travaux préliminaires parce que la cabane a fait l'objet d'une fouille soignée avec des relevés précis à chaque décapage successif, relevés qui ont été utilisés dans la présente étude.

### 3. LA FORMALISATION ET LES ÉTAPES DU PROJET

Les constituants de la cabane sont des ossements, le plus souvent entiers, fragmentés surtout pour les os longs, et quelquefois aménagés. Les animaux concernés sont principalement le mammouth, mais s'y trouvent également des bois de renne. Des ossements plus rares de chevaux ou de loups sont également présents. Les données de base de l'étude sont les dessins des relevés des ossements de la cabane, à chaque étape de décapage successif, au cours de la fouille de la structure d'habitat.

Le principe de l'étude est basée sur la possibilité de manipulation interactive en 2D et 3D d'objets graphiques, les ossements, représentés par des icônes ostéologiques, à partir d'une base de données de localisation topographique de ces objets dans la cabane. L'étape préalable du projet consiste donc à constituer la base des icônes ostéologiques, puis à créer la base de données topographiques des ossements. Les traitements de restitution 2D constituent une étape d'analyse interactive de l'architecture de la cabane en visualisant des relevés plans d'ossements triés par genre, partie anatomique, et altitude. Les traitements de restitution 3D doivent permettre de fournir dans un premier temps des reconstitutions plans stratigraphiques théoriques de la cabane, et dans un deuxième temps une modélisation 3D de la reconstitution complète de la cabane.

Le choix du logiciel de gestion d'objets graphiques, ArcInfo, le plus souvent utilisé comme système d'information géographique (S.I.G.), par sa conception logicielle et ses fonctionnalités, répond aux besoins spécifiés du projet en restitution 2D et 3D (DE BLOMAC *et al.*, 1994; PIROT, SAINT-GÉRAND 1993).

### 4. LES TRAITEMENTS PRÉALABLES

#### 4.1 Constitution d'une base d'icônes ostéologiques

La constitution d'une base d'icônes ostéologiques s'effectue en deux étapes:

- l'établissement des lexiques, qui décrivent les objets ostéologiques concernés:
  - genres et espèces animales,
  - parties anatomiques du squelette,
  - faces des parties anatomiques des ossements (six en général).

Les lexiques utilisés ont été établis à partir des codifications proposées par le système documentaire OSTEO (DESSE *et al.* 1986).

- la numérisation des dessins anatomiques.

Les dessins anatomiques des différentes faces des différentes parties anatomiques des différentes espèces animales concernées ont été extraits de planches anatomiques de corpus paléontologiques.

Malgré les recherches entreprises, toutes les planches anatomiques nécessaires à l'étude ne sont pas disponibles dans les corpus publiés, et des travaux complémentaires sont en cours notamment par photographie des parties anatomiques de collection de comparaison.

Ainsi, par exemple, les planches anatomiques de plusieurs faces de crânes de mammoth manquent actuellement.

À l'issue de cette étape, il a été créé une base d'icônes ostéologiques, contenant une représentation détaillée de chaque partie anatomique sous ses six différentes faces, permettant à la demande une visualisation, en 2D sous n'importe laquelle des six faces et en 3D sous forme volumique (Tav. XI, b).

#### 4.2 Création de la base de données de localisation topographique

La base de données de localisation topographique des objets (ossements) dans la cabane contient les informations nécessaires à la visualisation de ces objets, et à leur sélection sur différents critères utiles à l'étude.

La structure de la base est la suivante:

. Nom du site	(NSIT)
. Numéro de la cabane dans le site	(NCAB)
. Numéro de plan de relevé de l'objet	(NPLAN)
. Numéro de l'objet	(NOBJ)
. Abscisse du centre du rectangle exinscrit à l'objet	(X)
. Ordonnée du centre du rectangle exinscrit à l'objet	(Y)
. Altitude maximale de l'objet	(Zsup)
. Altitude minimale de l'objet	(Zinf)
. Dimension du grand côté du rectangle exinscrit à l'objet	(LONG)
. Dimension du petit côté du rectangle exinscrit à l'objet	(LARG)
. Direction du grand côté du rectangle exinscrit à l'objet	(ORIENT)
. Sens anatomique de l'objet	(SENS)
. Face anatomique visible de l'objet	(FACE)
. Direction de la courbure convexe de l'objet	(LAT)
. Animal jeune ou adulte	(AGE)
. Pièce anatomique fragmentée	(FRAG)
. Identification de la pièce anatomique	(ANAT)
. Identification du genre animal	(GENR)
. Numéro de l'objet situé sous l'objet	(NINF)
. Numéro de l'objet situé sur l'objet	(NSUP)

Alors que la constitution de la base d'icônes ostéologiques n'a besoin d'être créée qu'une seule fois pour toutes les études de cabanes, la base de données de localisation topographique a besoin d'être créée pour chaque cabane. Cette opération peut être simplifiée par l'utilisation de relevés automatisés, qui permettraient de créer plus rapidement et de façon interactive la base de données.

## 5. LES TRAITEMENTS DE RESTITUTION 2D

Le logiciel ArcInfo s'utilise à partir de commandes et de primitives graphiques dans un emploi classique en système d'information géographique. Dans le cas présent d'utilisation comme logiciel de gestion d'objets graphiques, plusieurs programmes spécifiques ont été développés. Après enregistrement de la base de données de localisation topographique sous SAS, et transfert sous ArcInfo, des traitements préalables à la visualisation des icônes sont effectués:

- visualisation des rectangles exinscrits en lieu et place des icônes,
- traitements allométriques, pour inscrire les icônes dans les rectangles exinscrits,
- calculs d'orientations des icônes: direction, sens, face anatomique, courbures,
- traitement des ossements fragmentés, par délimitation interactive des contours sur l'icône entière.

Il est ensuite possible d'opérer simplement en visualisant les plans de répartition des ossements, analytiquement par tris sur le genre animal, ou les pièces anatomiques, et stratigraphiquement.

## 6. ANALYSE DES RÉSULTATS PRÉLIMINAIRES

L'outil ArcInfo est un logiciel adapté au problème posé de la reconstitution spatiale des cabanes paléolithiques en 2D. L'apprentissage au logiciel, qui est riche en fonctionnalités et en primitives graphiques, est long et difficile pour un utilisateur non informaticien, mais ses potentialités en font un outil adapté à la résolution de problèmes graphiques spécifiques, ce qui est le cas ici.

L'investissement initial en temps pour la numérisation des icônes est important, mais inhérent à la méthode choisie et non aux logiciels qui sont équivalents pour la numérisation des objets. La finalisation de la visualisation des plans est interactive pour corriger les imperfections dans la localisation des objets (difficultés d'orientation, partie visible impossible à visualiser, fragmentation des objets, etc ...).

Un compromis reste finalement à faire entre le temps passé à l'amélioration de la visualisation pour rendre le dessin le plus exact possible et la représentation symbolique qui est restituée. Car l'objectif de l'outil n'est pas d'être un logiciel de dessin assisté par ordinateur, mais d'être un outil d'analyse et de reconstitution d'une architecture d'habitat.

Deux exemples vont nous aider à approfondir ce point de vue. La Tav. XII est une visualisation volontairement inachevée qui représente les distributions de crânes et de mandibules de mammoth. Ce relevé est exact pour ce qui est de la localisation des objets, mais est inexact pour ce qui est du rendu des parties anatomiques, pour les raisons suivantes:

- des rectangles exinscrits ont été volontairement visualisés,
- les crânes de mammoth sont tous représentés comme si ils étaient la face inférieure au-dessus, ce qui n'est pas le cas, la plupart d'entre eux étant "plantés" dans le sol ou sur champ,
- le traitement allométrique des mandibules, effectué par simple homothétie, donne un rendu plus fragile aux mandibules des jeunes mammoths que la réalité.

La Tav. XIII montre la répartition des bois de renne dans la structure de la cabane. Les imperfections sont ici également manifestes:

- une seule visualisation de bois de renne a été numérisée, quelque soit l'âge et l'origine mâle ou femelle du bois représenté,
- le traitement de fragmentation n'a pas été effectué,
- la latéralité n'a pas été enregistrée dans la base de données, entraînant une visualisation systématique "andouiller d'oeil à droite",
- une seule face a été numérisée (pouvait-il en être autrement pour une raison simple de discrimination visuelle de l'icône), ce qui entraîne des effets de perspective surprenants dans le cas d'une analyse attentive objet par objet.

Les deux figures choisies sont des visualisations qui représentent une réalité faussée par la schématisation accompagnant la méthode graphique. Il est donc clair que deux argumentations peuvent ici s'affronter:

- l'objectif est la fourniture de plans exacts, visualisant les objets tels qu'ils sont, à l'issue d'opérations de tris et de sélection argumentant un discours archéologique d'étude d'architecture. Dans ce cas, l'approche utilisée fournit une visualisation de qualité insuffisante, et l'amélioration de cette visualisation implique une approche de type DAO sur chaque objet visualisé.
- l'objectif est une visualisation schématique des différentes étapes d'un argumentaire d'analyse architecturale de la cabane. Dans ce cas, l'approche utilisée fournit une représentation exacte dans l'espace, visualisée schématiquement d'une façon suffisamment reconnaissable à l'oeil pour donner l'illusion d'une représentation réelle: la méthode ne représente pas un dessin de l'objet, mais une icône de l'objet.

## 7. DES TRAITEMENTS 2D AUX TRAITEMENTS 3D

Les résultats précédents montrent que les traitements 2D permettent de faire apparaître la structure architecturale de la cabane. Des hypothèses

peuvent par exemple déjà être émises à partir des Tavv. XII et XIII.

Des crânes de mammoth fournissent le plan général extérieur de la cabane, et ceux situés à l'intérieur offrent vraisemblablement la clé de compréhension du système de couverture.

La répartition des omoplates et des bois de renne correspond à un mécanisme de lestage et/ou de charpentage d'une couverture par des peaux et/ou des branchages de la cabane.

Le passage à une reconstitution en 3D pose des problèmes techniques supplémentaires:

- les ossements doivent pouvoir être automatiquement restitués en volume à partir des six faces numérisées.
- la stabilité de la construction nécessite un bon emboîtement des objets osseux. La représentation volumique doit donc cette fois être exacte dans les trois dimensions et le logiciel doit optimiser algorithmiquement les surfaces en contact et trouver l'optimum global du meilleur emboîtement. Sur une place théorique, la résolution de ce problème est particulièrement complexe, et s'il est applicable sur des volumes simples aux formes angulaires, il est peu réaliste de considérer qu'il le soit ici sur les formes complexes à emboîter sans investissement technique et théorique lourd en décalage avec les moyens mis en oeuvre ici.
- le modèle d'une reconstitution doit être testé à la fois géométriquement (cf. paragraphe précédent) et mécaniquement pour calculer la stabilité et la solidité de la reconstitution. Le problème théorique est ici également complexe à traiter.

Cette approche est trop ambitieuse par rapport à nos moyens techniques et à nos ressources. Le modèle a priori d'une construction où tous les éléments seraient emboîtés est de toute façon irréaliste. Donnons donc à ce projet de reconstitution 3D, un objectif moins ambitieux, de tester plusieurs hypothèses de reconstitution à partir d'une succession stratigraphique de plans en 2D. L'approche consiste à replacer en volume, interactivement sur plusieurs niveaux d'altitude, les objets osseux dans leur disposition originelle suggérée par les différents modèles de reconstruction.

## 8. CONCLUSIONS

Les résultats préliminaires de ce projet ont permis de concrétiser les potentialités et les difficultés de la méthode utilisée:

- l'adéquation de l'outil logiciel, et l'investissement technique et logistique nécessaire,
- la capacité d'analyse architecturale de la cabane à partir des re-présentations 2D, en acceptant le principe par visualisations d'icônes et non par dessin exact,

- une reconstitution 3D non algorithmique et non modélisante des cabanes, mais basée plus simplement sur des déplacements stratigraphiques d'objets de façon interactive.

FRANÇOIS DJINDJIAN  
CNRS/UPR 315, Paris

L. IAKOVLEVA  
Institut d'Archéologie de l'Académie Nationale des  
Sciences d'Ukraine, Kiev

F. PIROT  
CNRS/LISH, Paris

#### BIBLIOGRAPHIE

- DE BLOMAC F., GAL R. *et al.* 1994, *ArcInfo. Concepts et applications en géométrie*, Paris, Hermès.
- PIDOPLITCHKO J.G. 1969, *Pozdniepaleoliticheskie zhilischtscha iz kostiei mamonta na Ukraine*, (Les habitats en os de mammoth du Paléolithique supérieur d'Ukraine), Kiev, Naukova Dumka.
- DESBROSSE R., KOZLOWSKI J. 1994, *Les habitats préhistoriques*, Paris, Editions du CTHS.
- DESSE J., CHAIX L., DESSE-BERSET N. 1986, *Ostéo*, Paris, CNRS.
- PIROT F., SAINT-GÉRAND Th. 1993, *Initiation aux systèmes d'informations géographiques, Approche sur ArcInfo*, Paris, CNRS, Formation permanente.

#### ABSTRACT

Preliminary results of a project for the mammoth bone paleolithic dwelling reconstruction are discussed. The graphical object management software package called ArcInfo has been used to create two different data bases: the first one, for the bone icon base, the second one for the identification and the localisation of bones architectural artifacts, extracted from the excavation books and planigraphical drawings. The potential of the system for the understanding of the dwelling architecture by 2D visualizations and for the reconstruction modelization by 3D visualization is discussed.