

# Reconstruction de modèles 3D de crânes de chiens et loups pour des études morphométriques



*Allowen Evin*  
*allowen.evin@umontpellier.fr*



Objectif: étude des changements morphologiques  
en particulier ceux associés à la domestication

- Identifier le statut sauvage/domestique
- Evolution spacio-temporelle

Restes archéologiques = restes fragmentés

→ Travaux antérieurs majoritairement en 2D  
(dents, mandibules)

→ 3D: extrémités des os longs

Contexte - Morphométrie Géométrique - Photogrammétrie - Combinaison - Perspectives

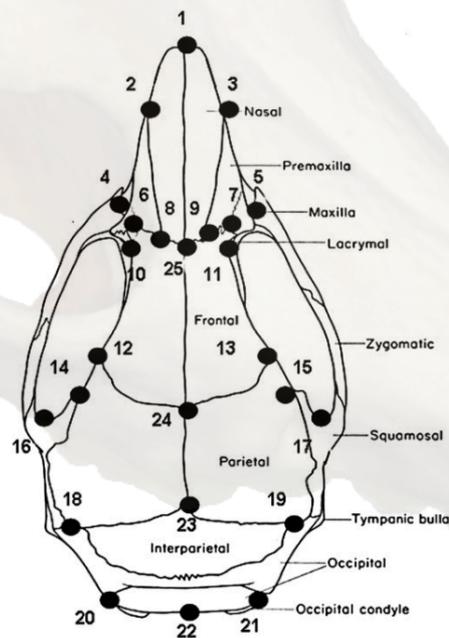
Le chien:  
Plus ancienne domestication  
Nombreux squelettes/crânes complets  
→ Etude morphométrique à large échelle en 3D?



Crânes archéologiques – NMBE – Bern, Suisse. Photo: Marc Nussbaumer

# La morphométrie géométrique

Collection d'approches pour l'analyse statistique multivariée de données de coordonnées cartésiennes.



*Lalis et al. 2009 C.R. Bio*

## Les systèmes de prise de mesures: quelques exemples



Microscribe

Mesures directes



Système Reflex



Next Engine



Breuckmann

Modèles 3D



FreeScan X3



CT-Scans

Cahier des charges:

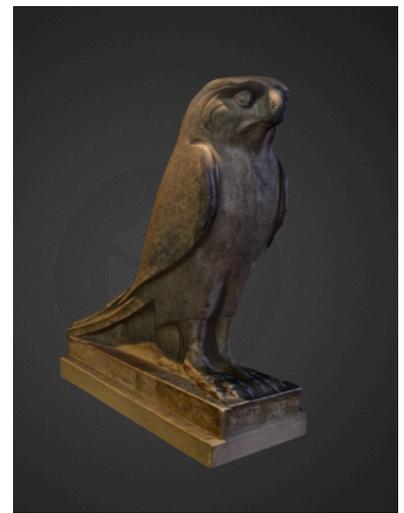
- Transportable (léger, peu volumineux, pas trop fragile)
- Dans l'idéal autonome en énergie
- Rapidité d'acquisition dans les collections
- Facile d'utilisation
- Acquisition de modèles 3D (Archives)
- **Modèles fiables géométriquement**

➔ Modèles 3D utilisables pour les approches de morphométrie géométrique



Thibaud Souter

Source: <http://humanum.hypotheses.org/1422>



Horus, British Museum

<https://sketchfab.com/britishmuseum>

Acquisition par photogrammétrie d'une habitation romaine : la maison des Fresques (Tipasa/Algérie) Ce modèle 3D maillé puis texturé résulte d'un calcul algorithmique qui a permis d'aligner et d'apparier plus de 1100 photos afin de retrouver la position de chaque prise de vue et permettre la reconstruction automatique du modèle 3D (Modèle 3D archéovision/ M.Chayani/ 2009).

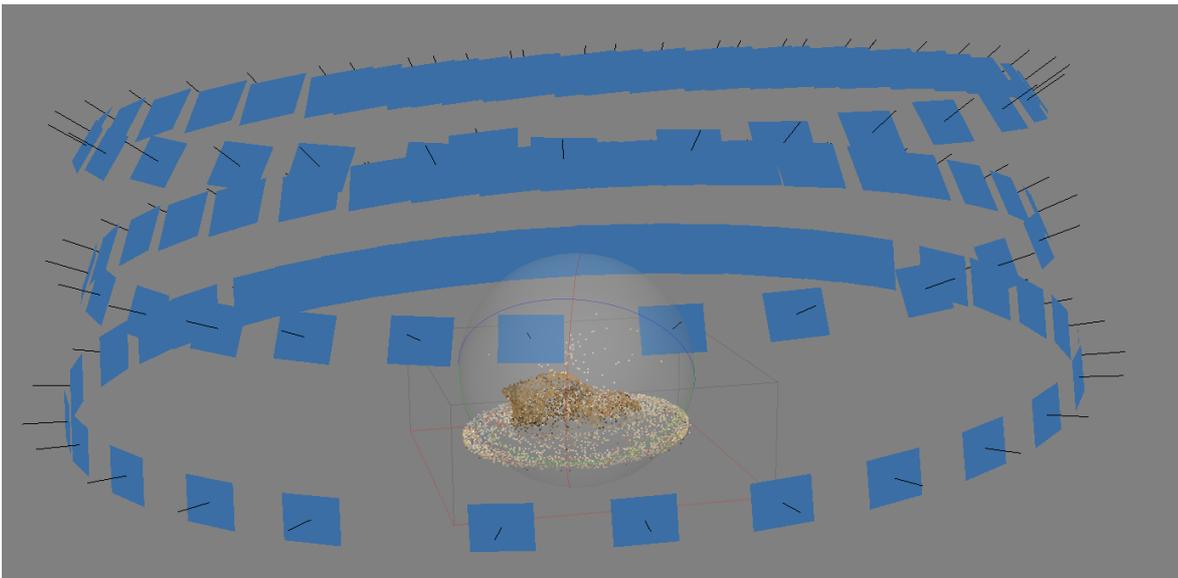
## Prise de photos



## Prise de photos



## Alignement / reconstruction du nuage de points

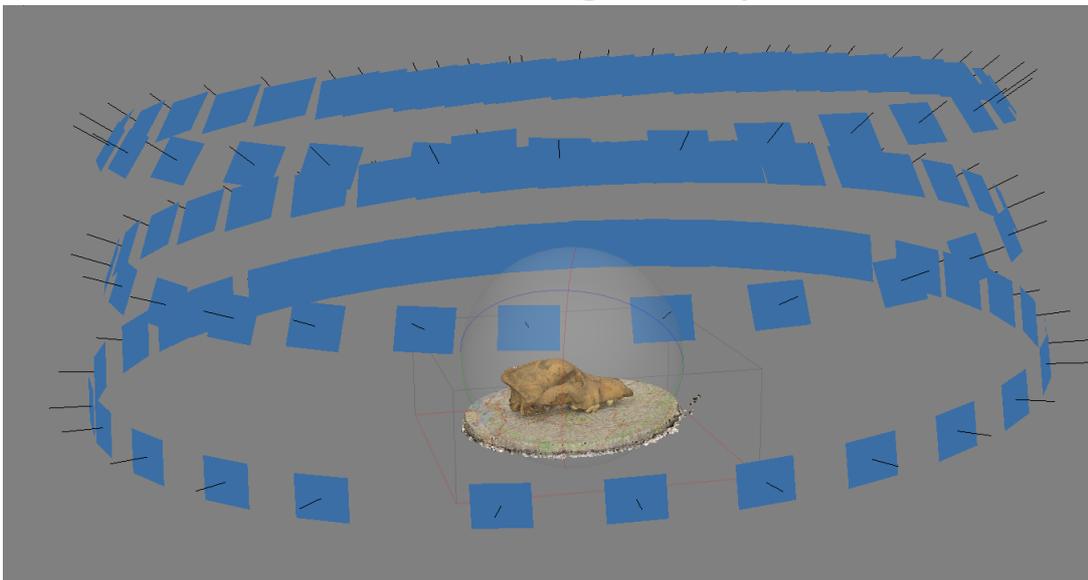


## Prise de photos



Alignement / reconstruction du nuage de points

Densification du nuage de points



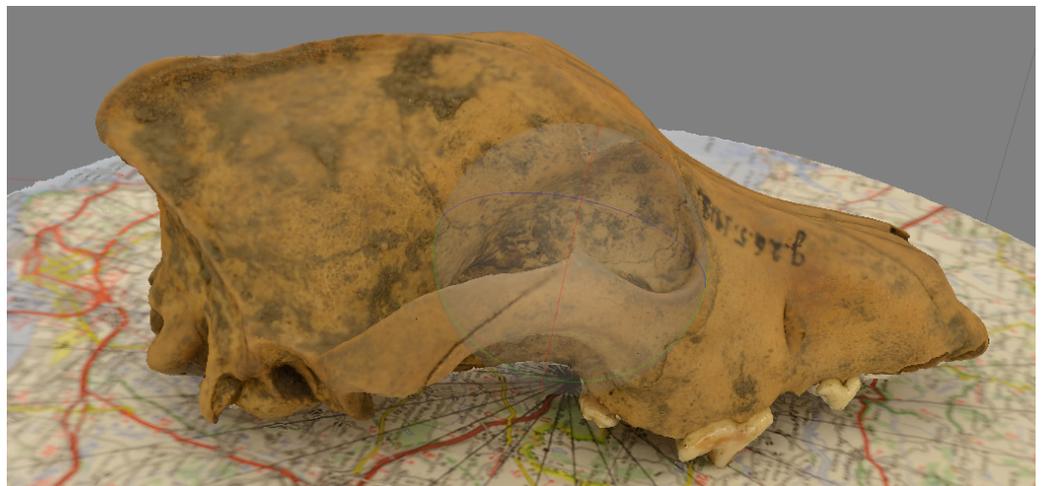
## Prise de photos



Alignement / reconstruction du nuage de points

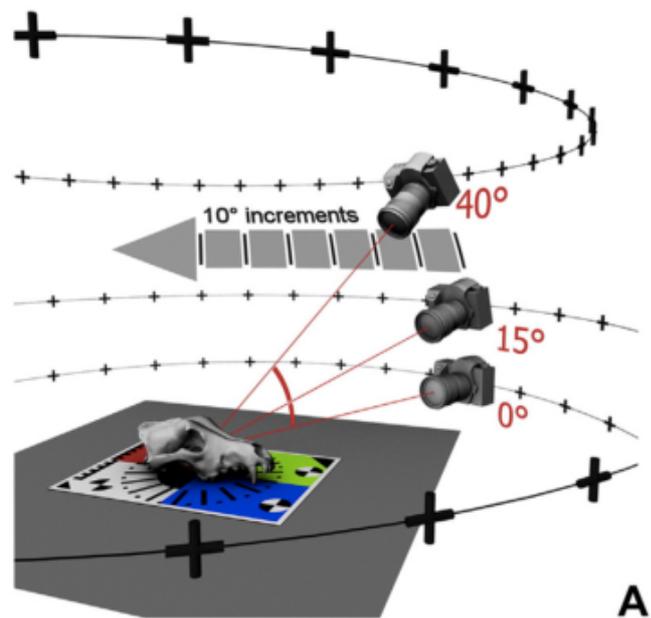
Densification du nuage de points

Mesh / modèle 3D



## Acquisition:

- 1° approche: *Manuelle*
- 1 appareil photo
- Trépied



➔  $36 \times 3 \times 2 = 216$  photos

## Acquisition:

1° approche: *Manuelle*

- 1 appareil photo
- Trépied

2° approche: *Semi-Automatique/Manuelle*

- 1 appareil photo
- 1 bras photo
- 1 plateau tournant
- (1 ordinateur)



DCamCapture

Automatisation: une photo toutes les 2 secondes

## Acquisition:

1° approche: *Manuelle*

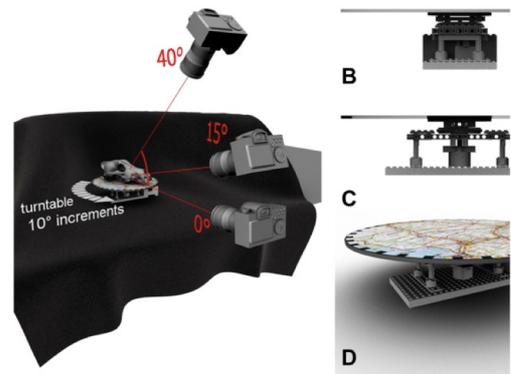
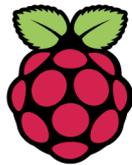
- 1 appareil photo
- Trépied

2° approche: *Semi-Automatique/Manuelle*

- 1 appareil photo
- 1 bras photo
- 1 plateau tournant
- (1 ordinateur)

3° approche: *Automatique*

- 3 appareils photo (reflex)
- 3 bras photo
- 1 plateau tournant
- 1 raspberry Pi



<https://github.com/BeebBenjamin/table-py>



Arden Hulme-Beaman (Univ. Liverpool) & Richard Allen (Univ. Oxford)

## Acquisition:

1° approche: *Manuelle*

- 1 appareil photo
- Trépied

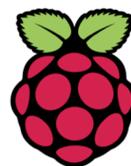
2° approche: *Semi-Automatique/Manuelle*

- 1 appareil photo
- 1 bras photo
- 1 plateau tournant
- (1 ordinateur)



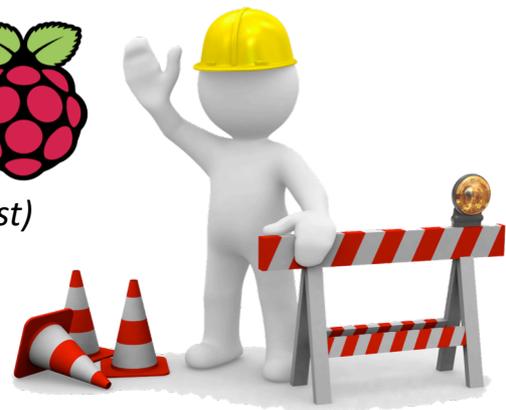
3° approche: *Automatique*

- 3 appareils photo
- 3 bras photo
- 1 plateau tournant
- 1 raspberry Pi



4° approche: *Automatique (en développement/test)*

- 3 cameras (Pi Camera)
- 1 système d'accroche
- 1 plateau tournant
- 1 raspberry Pi



## Acquisition:

1° approche: *Manuelle*

- 1 appareil photo
- Trépied

2° approche: *Semi-Automatique/Manuelle*

- 1 appareil photo
- 1 bras photo
- 1 plateau tournant
- (1 ordinateur)

3° approche: *Automatique*

- 3 appareils photo
- 3 bras photo
- 1 plateau tournant
- 1 raspberry Pi

4° approche: *Automatique (en dév./test)*

- 3 cameras (Pi Camera)
- 1 système d'accroche
- 1 plateau tournant
- 1 raspberry Pi

- Mise en place simple
- Autonome en énergie
- Manuelle

~15 min / spécimen

- Non autonome en énergie
- Gain de temps  
(Mise en place plus longue)

## Reconstruction:



Article [Talk](#)

### Comparison of photogrammetry software

From Wikipedia, the free encyclopedia

[Photogrammetry](#) is the technique to extract geometric information from two-dimensional images or video.

→ 90 logiciels décrits

#### Acquisition des modèles:

VisualSFM (gratuit)

PhotoScan (payant, ~500 euros la licence éducation)

#### Nettoyage et visualisation:

MeshLab (gratuit)

Geomagic Studio (très/trop cher)

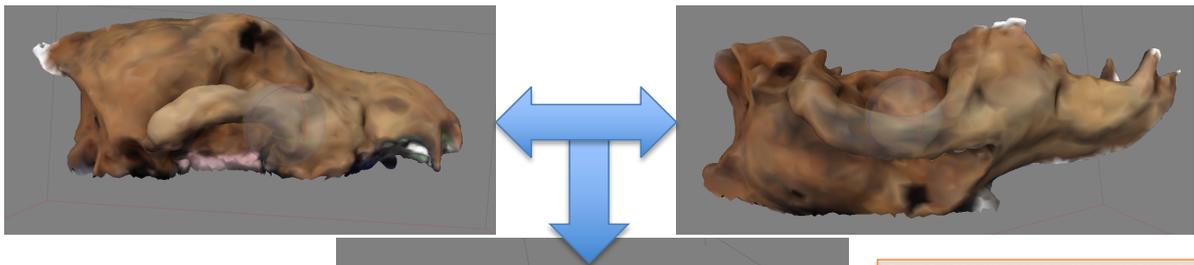
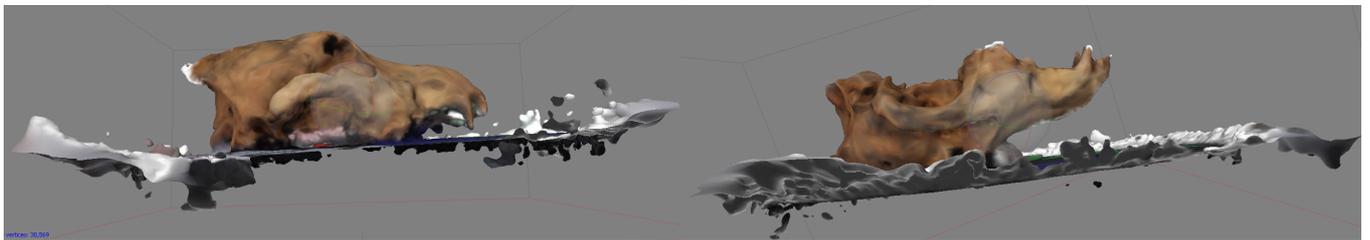
#### Mesures Morphométrie géométrique:

Meshtool -> MorphoDig (gratuit) <http://morphomuseum.com/downloadMeshtools>

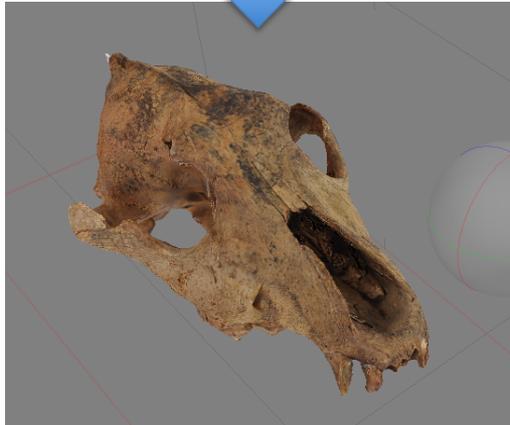
Landmark editor (gratuit)

R (geomorph, Morpho) (gratuit)

## PhotoScan:



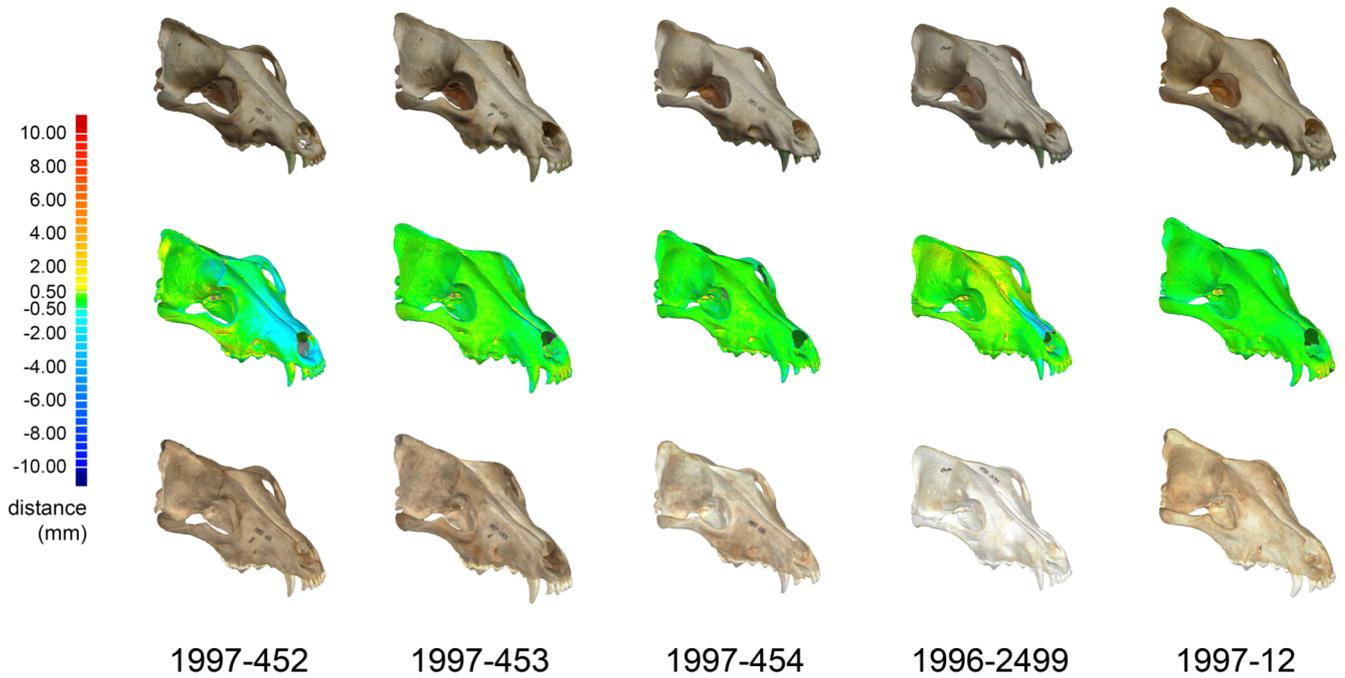
**Protocole de reconstruction simple, intervention 'humaine' minimale**



**Les modèles obtenus par photogrammétrie sont-ils géométriquement fiables?**

*Evin et al. 2016 JAS*

Photogrammétrie (VisualSFM)

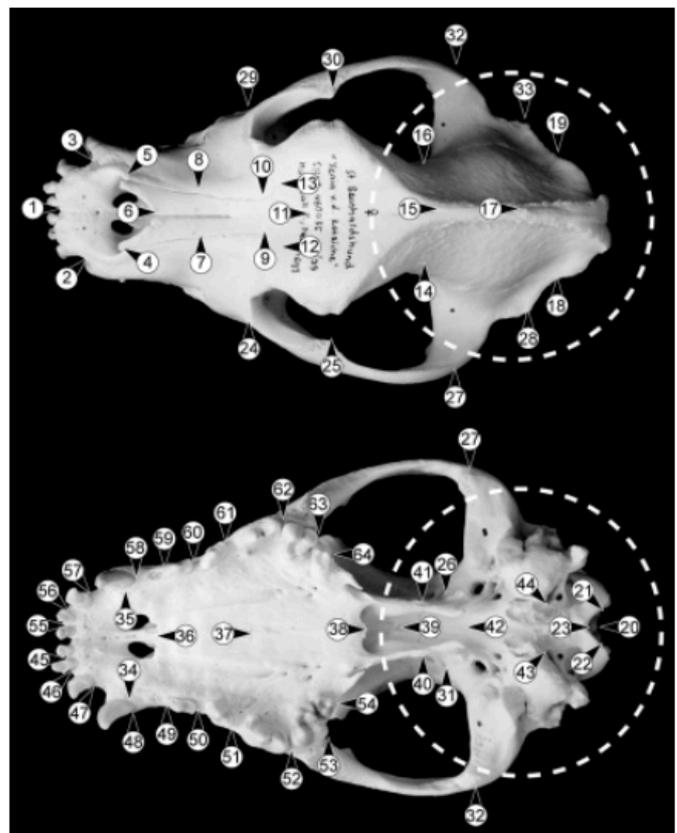


Breuckmann

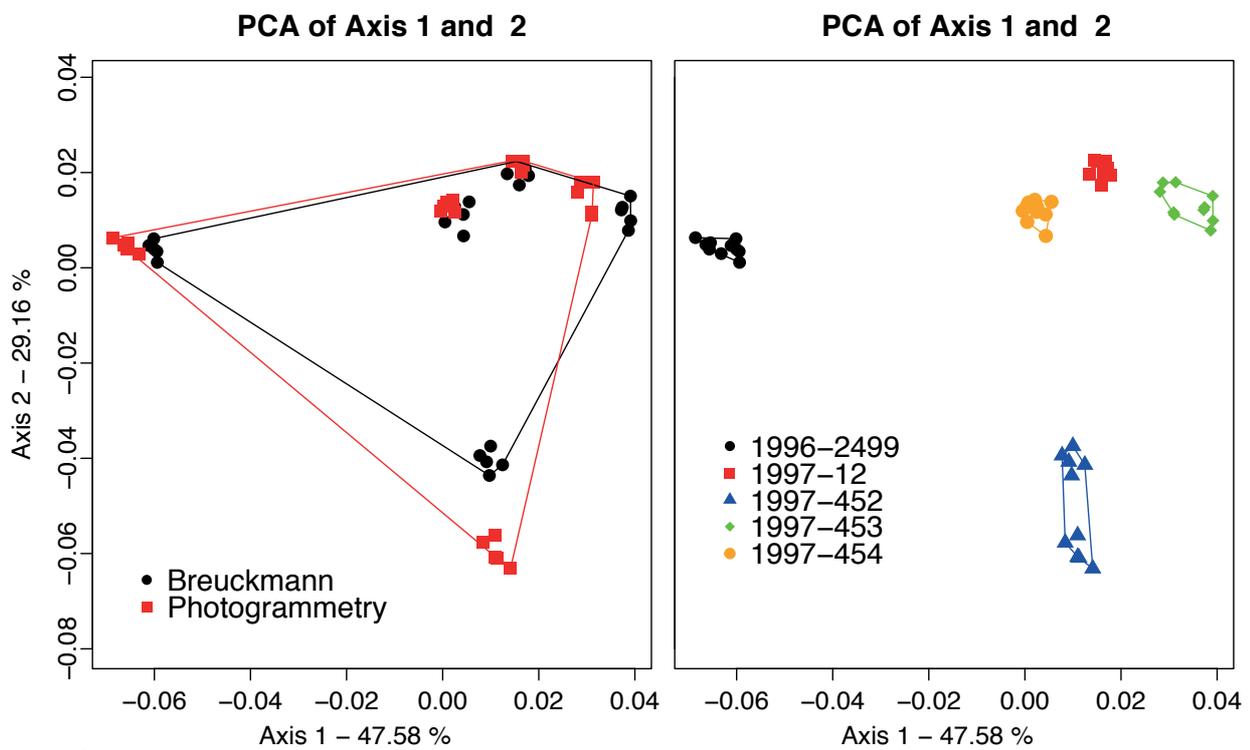
*Distances moyennes entre modèles: 0.04-0.17*  
*SD: 0.47-0.57*

28 landmarks 3D  
5 crânes  
x 2 modèles  
x 5 répétitions des mesures  
=50 mesures

*Drake et al. 2011  
Evolution and Development*



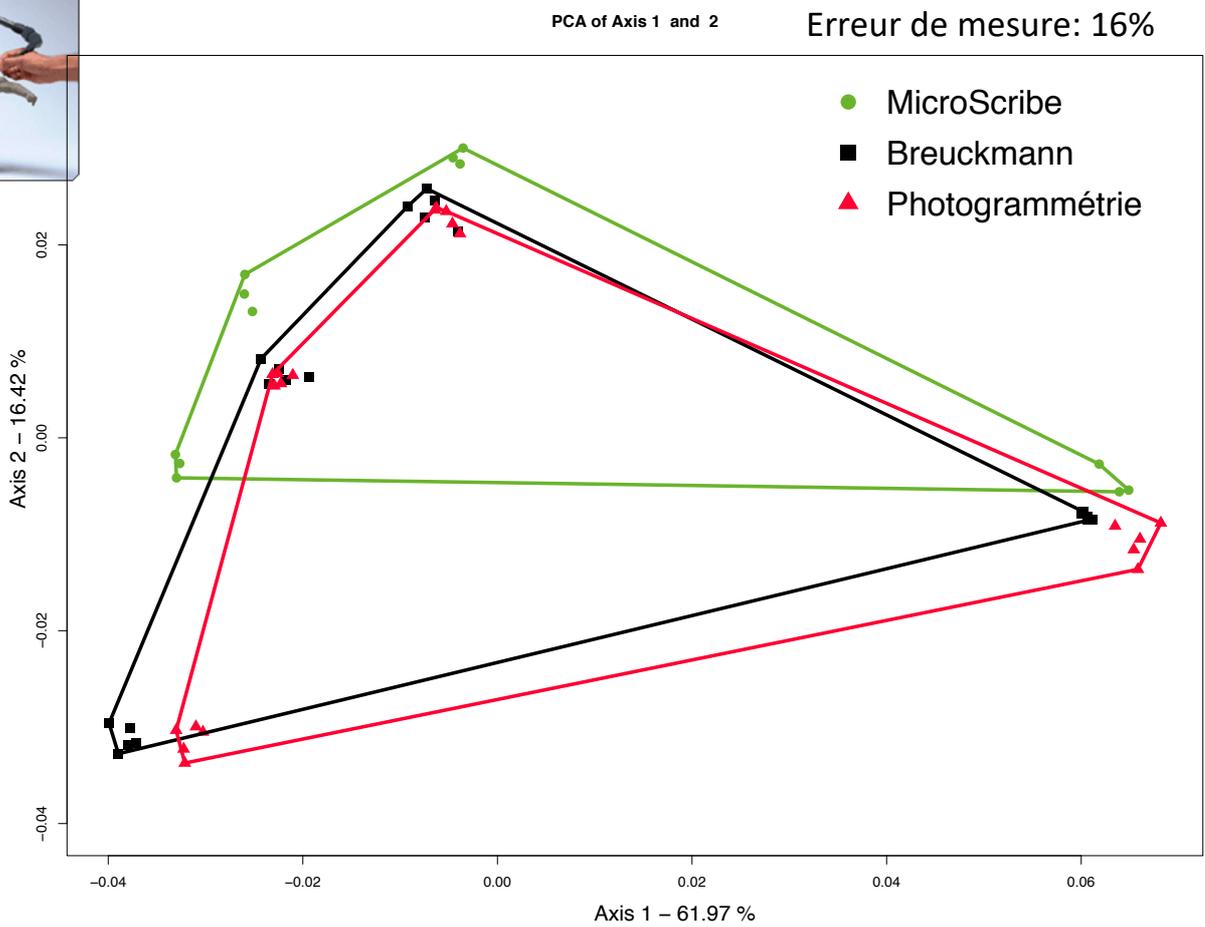
**Fig. 1.** The 64 osteological landmarks used for morphometric analysis.



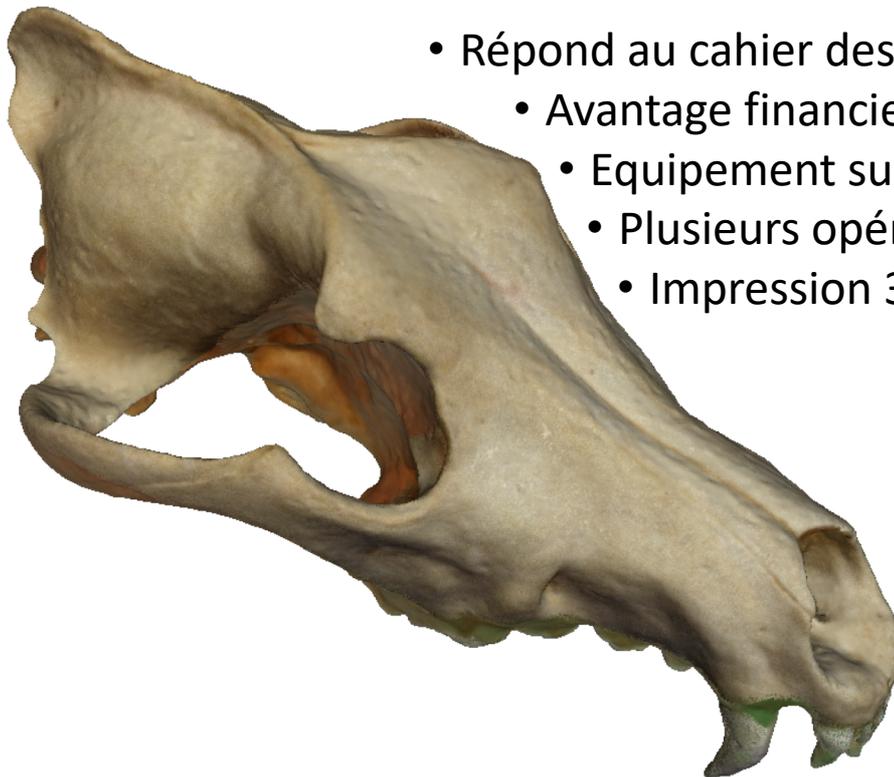
Erreur de mesure:  
Breuckmann: 2.04%  
Photogrammetry: 1.95%

Variation liée à la méthode de  
reconstruction: 6.31%

Contexte - Morphométrie Géométrique - Photogrammétrie - Combinaison - Perspectives



- La photogrammétrie permet de produire des modèles 3D utilisables pour les approches de morphométrie géométrique.



- Répond au cahier des charges 'Archéologique'
  - Avantage financier important
  - Equipement supplémentaire minimal
  - Plusieurs opérateurs possibles
  - Impression 3D / Archivage

➔ **Domaine  
disciplinaire en  
expansion**

## Merci à:

Thibaud Souter  
Ardern Hulme-Beaman  
Carly Ameen  
Greger Larson  
Keith Dobney  
Richard Alleen  
Thomas Cucchi  
Cécile Callou  
Raphaël Cornette  
Nelly Gidaszewski



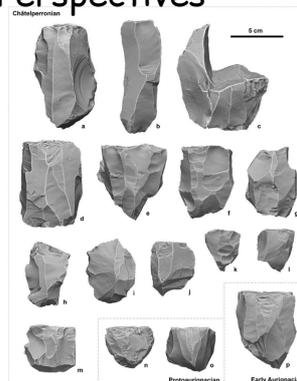
*allowen.evin@umontpellier.fr*

## A Simple Photogrammetry Rig for the Reliable Creation of 3D Artifact Models in the Field

Lithic Examples from the Early Upper Paleolithic Sequence of Les Cottés (France)

Samantha Thi Porter, Morgan Roussel, and Marie Soressi

## Perspectives



## Ceramics Fragments Digitization by Photogrammetry, Reconstructions and Applications

J-B. Barreau, T. Nicolas, G. Bruniaux, E. Petit, Q. Petit, Y. Bernard, R. Gaugne, V. Gouranton,

## Photogrammetry: a useful tool for three-dimensional morphometric analysis of small mammals

FRANCESC MUÑOZ-MUÑOZ<sup>1</sup>, MIRSHA QUINTO-SÁNCHEZ<sup>2</sup> and ROLANDO GONZÁLEZ-JOSÉ<sup>2</sup>

## Preliminary Study on the 3D Digitization of Millimeter Scale Products by Means of Photogrammetry

Gianluca Percoco<sup>a\*</sup>, Fulvio Lavecchia<sup>a</sup>, Antonio J. Sánchez Salmerón



Contexte - Morphométrie Géométrique - Photogrammétrie - Combinaison - Perspectives

Les modèles obtenus par photogrammétrie sont-ils géométriquement fiables?

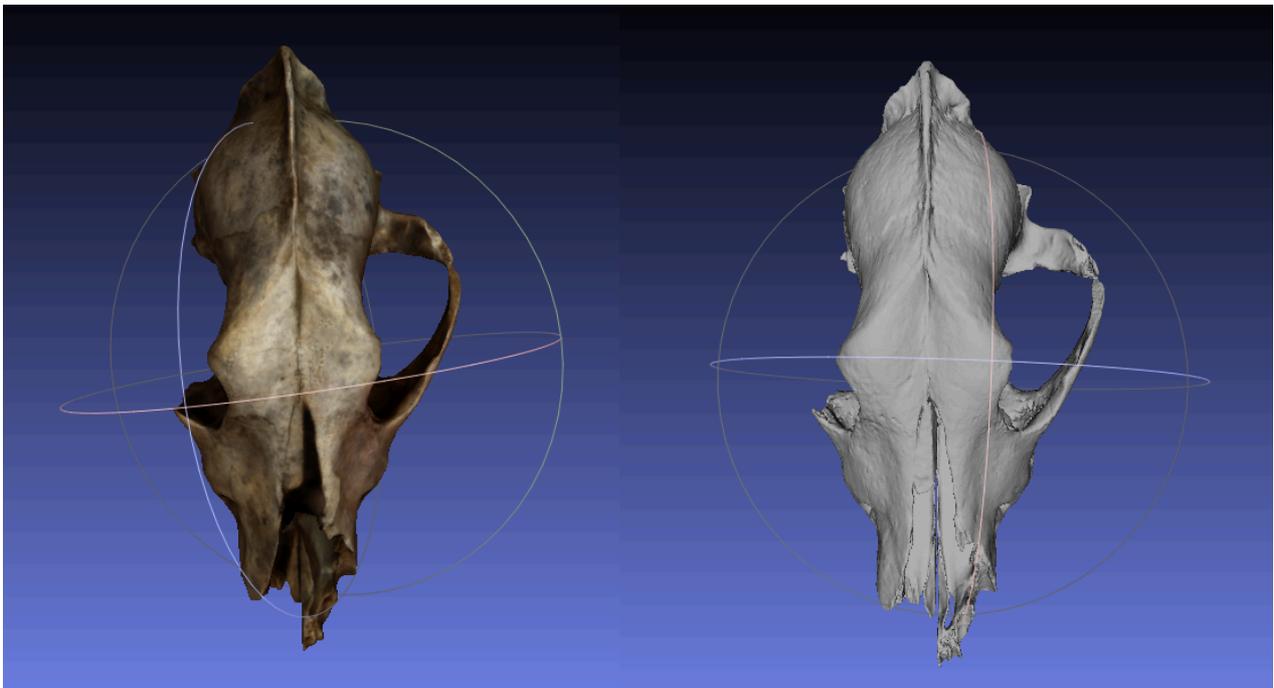
Photogrammétrie

Breuckmann

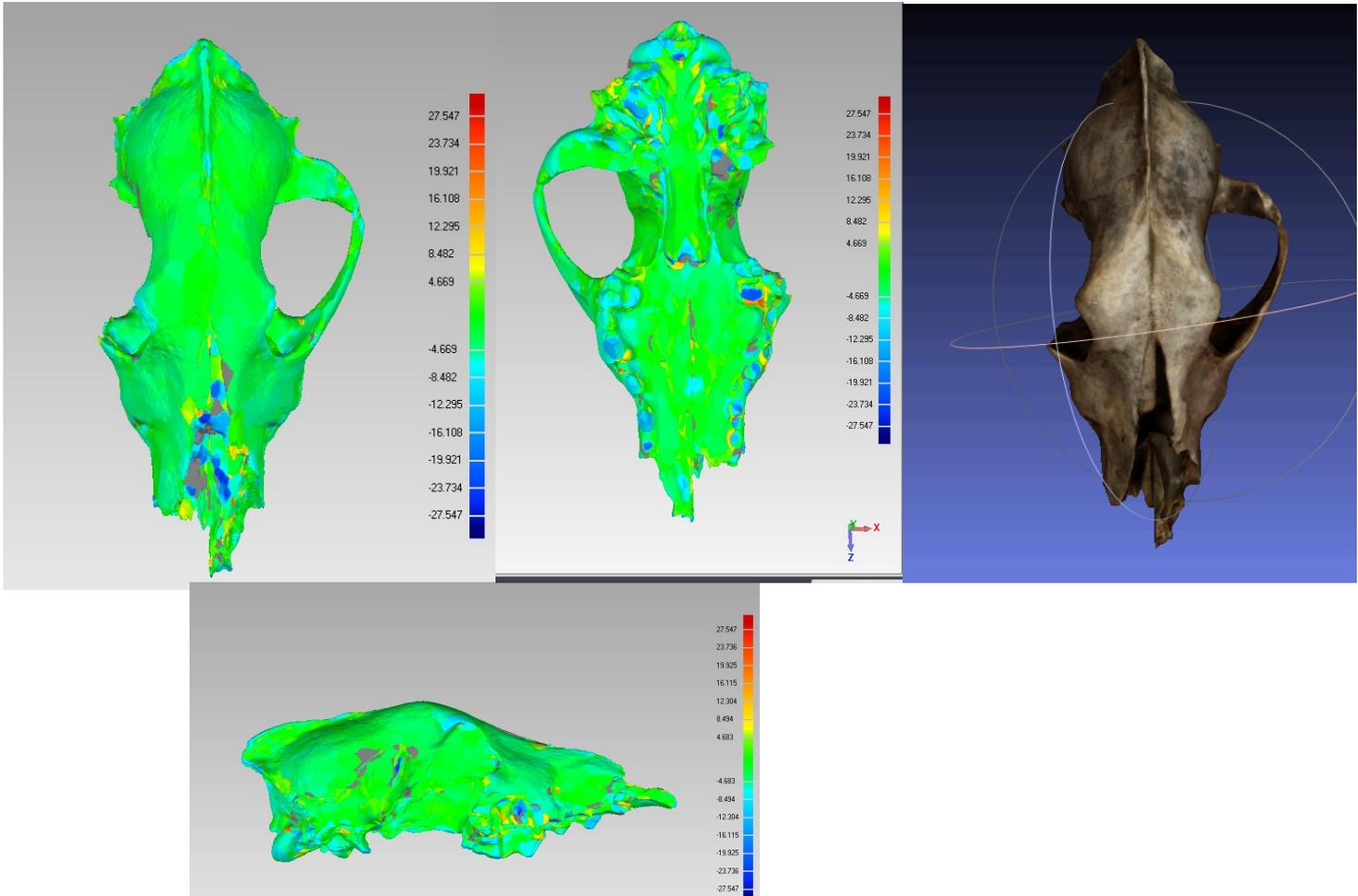


Contexte - Morphométrie Géométrique - Photogrammétrie - Combinaison -  
Perspectives

## Comparaison photogrammétrie / CT-Scan

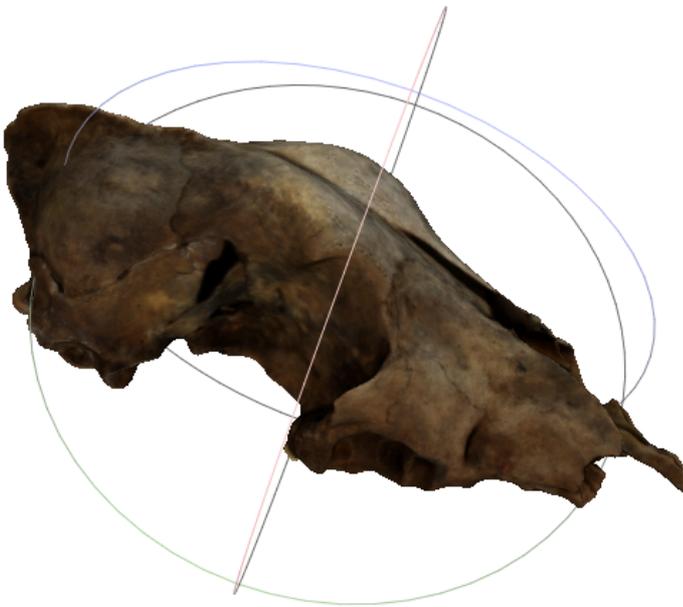


Contexte - Morphométrie Géométrique - Photogrammétrie - Combinaison - Perspectives

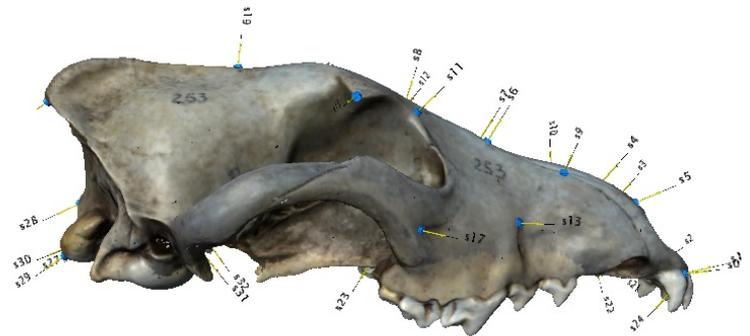
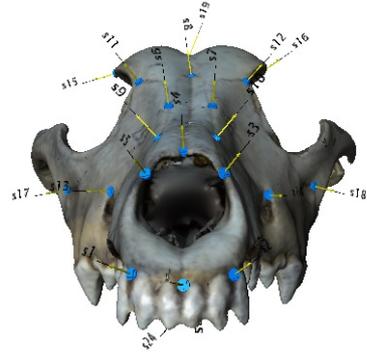
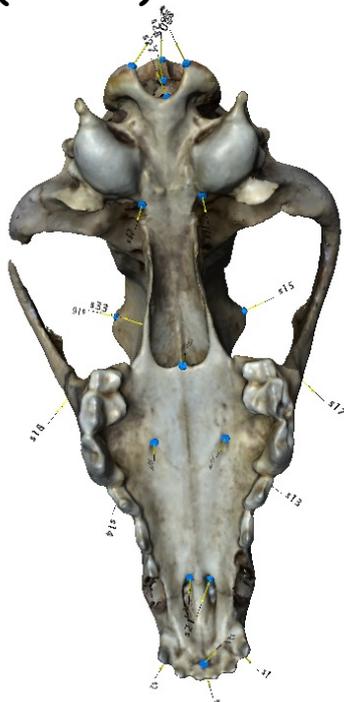
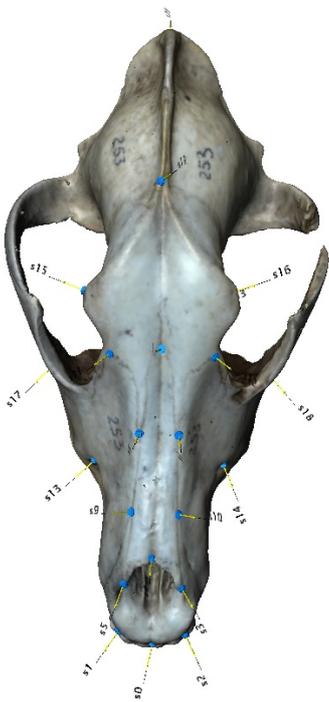


Morphométrie Géométrique - Photogrammétrie - Combinaison - Perspectives

## 3D models

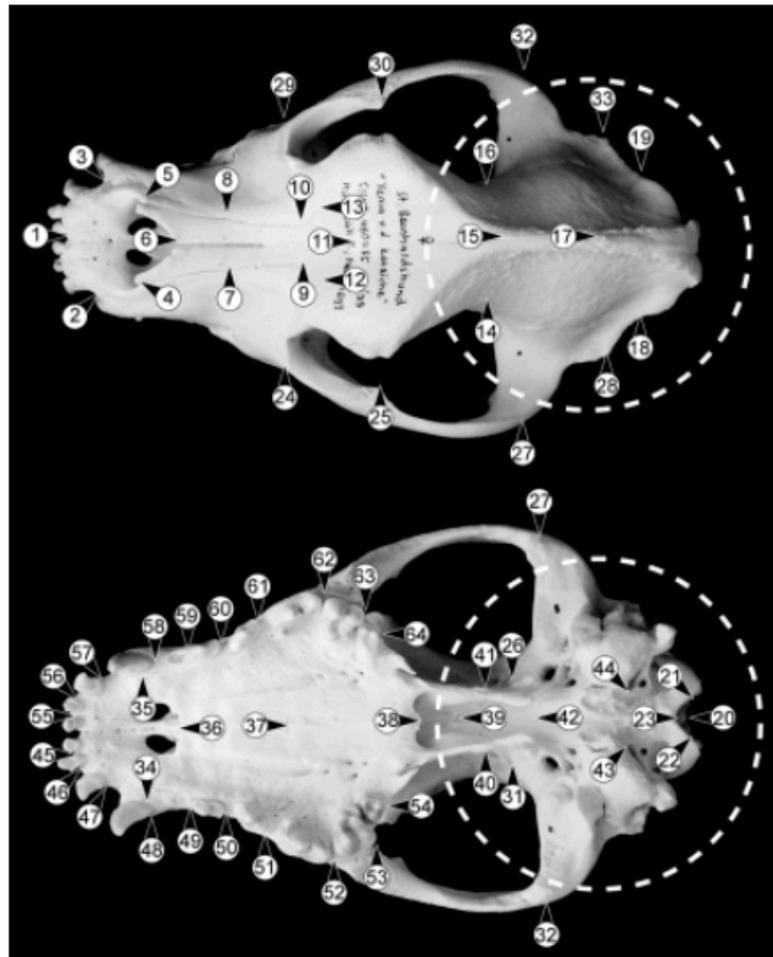


# 3D landmarks (N=34)



## 3D landmarks

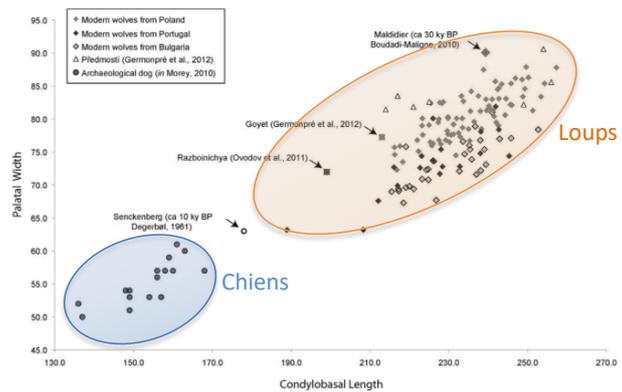
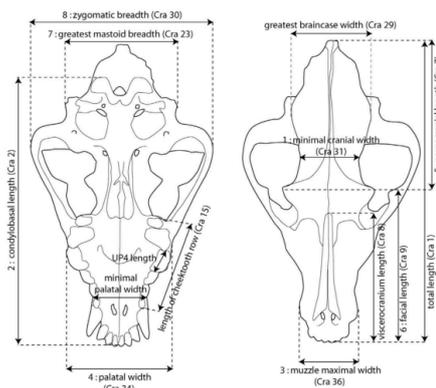
Drake et al. 2011  
Evolution and Development



**Fig. 1.** The 64 osteological landmarks used for morphometric analysis.

# Objectif: étude des changements morphologiques en particulier ceux associés à la domestication

- Identifier le statut sauvage/domestique
- Evolution spacio-temporelle



Boudadi-Maligne & Escarguel 2014, Journal of Archaeological Science

## Méthodes:

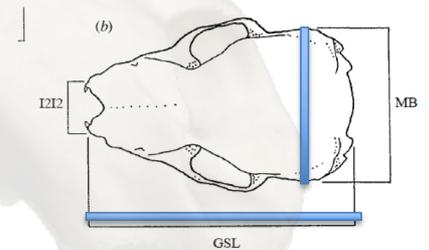
- Morphométrie Géométrique
- Modèles 3D

# La morphométrie classique/traditionnelle

Analyse statistique d'un ensemble de distances

## Limites:

- **Nombre de caractères (distances)** relativement faible



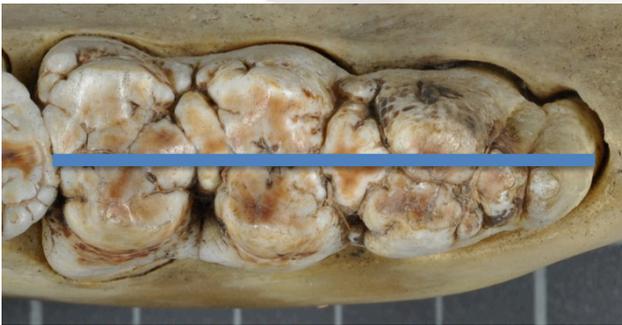
(b) skull, and (c) lateral view of a mandible of *P. pipistrellus* showing the variables that were used in statistical analysis. Variables are defined in §2

# La morphométrie classique/traditionnelle

Analyse statistique d'un ensemble de distances

## Limites:

- **Nombre de caractères** (distances) relativement faible
- **Pas d'homologie** dans la prise de mesure



*Ex: Longueur maximale*

# La morphométrie classique/traditionnelle

Analyse statistique d'un ensemble de distances

## Limites:

- **Nombre de caractères** (distances) relativement faible
- **Pas d'homologie** dans la prise de mesure
- **Séparation difficile de la taille et des conformations**

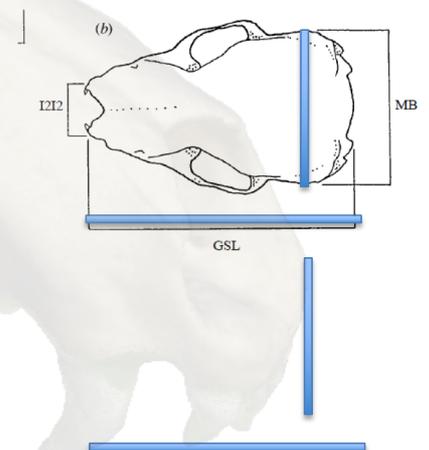


# La morphométrie classique/traditionnelle

Analyse statistique d'un ensemble de distances

## Limites:

- **Nombre de caractères** (distances) relativement faible
- **Pas d'homologie** dans la prise de mesure
- **Séparation difficile de la taille et des conformations**
- **La géométrie** des objets n'est pas prise en compte ce qui rend l'interprétation des différences délicates



Contexte - *Morphométrie Géométrique* - Photogrammétrie - Combinaison Perspectives

## **La morphométrie géométrique**

Collection d'approches pour l'analyse statistique multivariée de données de coordonnées cartésiennes.

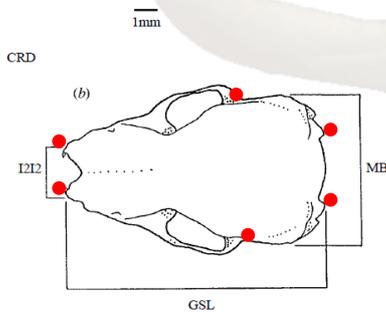


# La morphométrie géométrique

Collection d'approches pour l'analyse statistique multivariée de données de coordonnées cartésiennes.

## Avantages:

- Nombre de caractères plus élevé



6 points = 15 distances

Nombre de distances

1770

