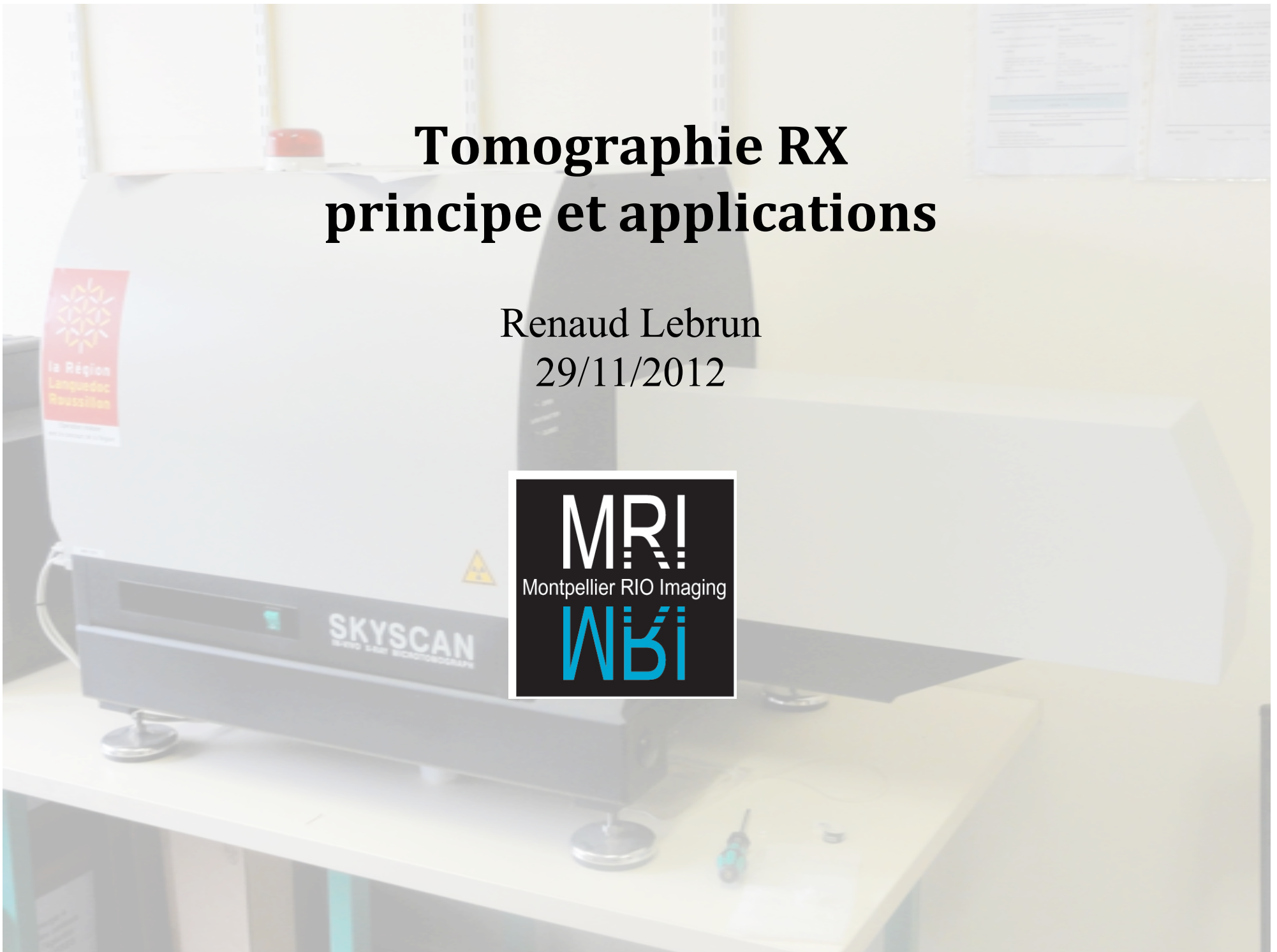


# Tomographie RX principe et applications

Renaud Lebrun

29/11/2012

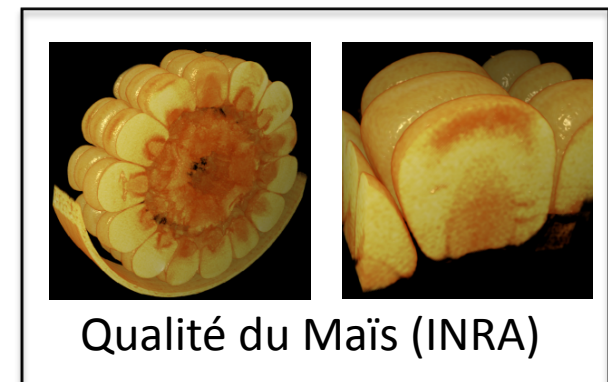
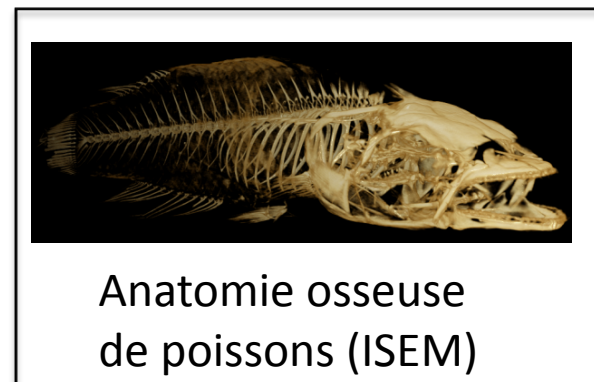
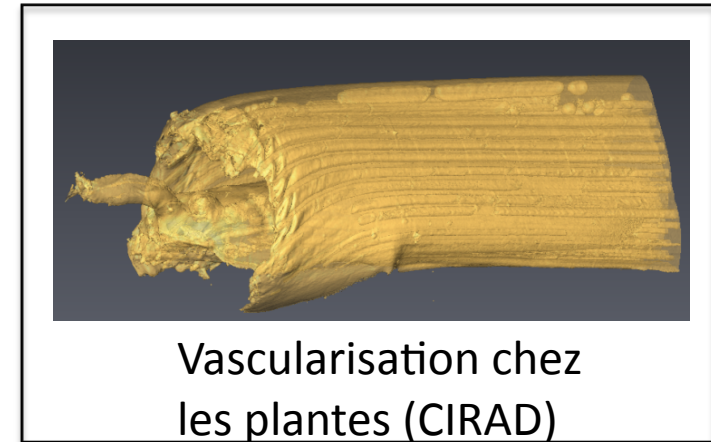
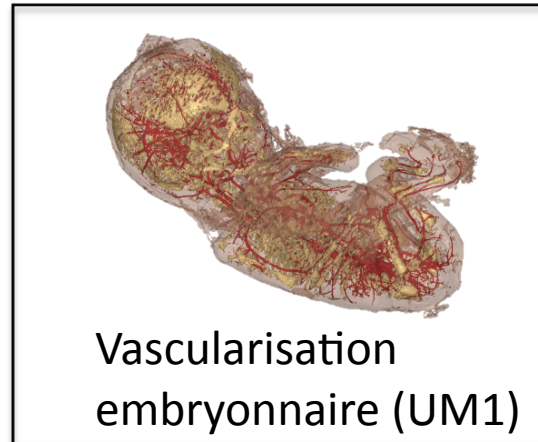
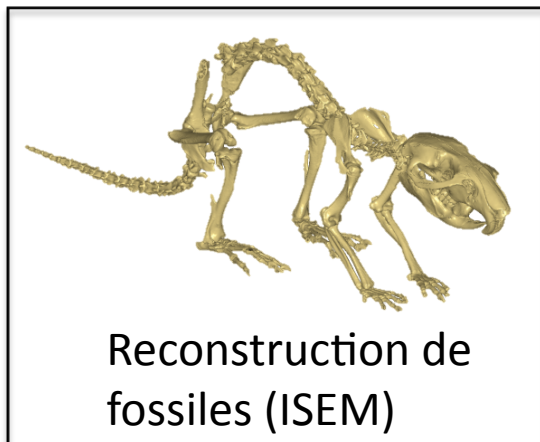
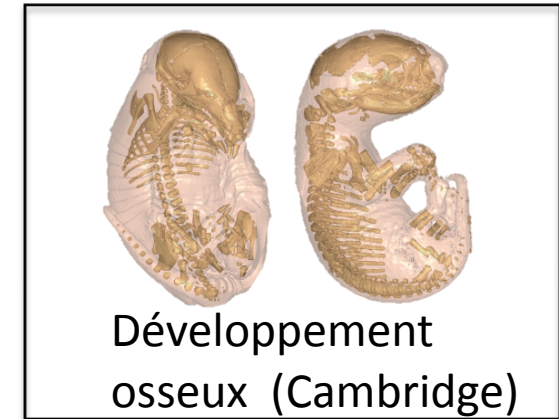
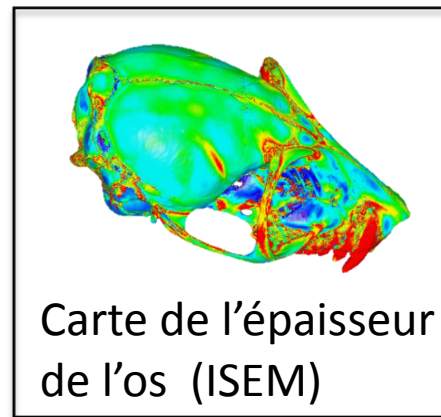
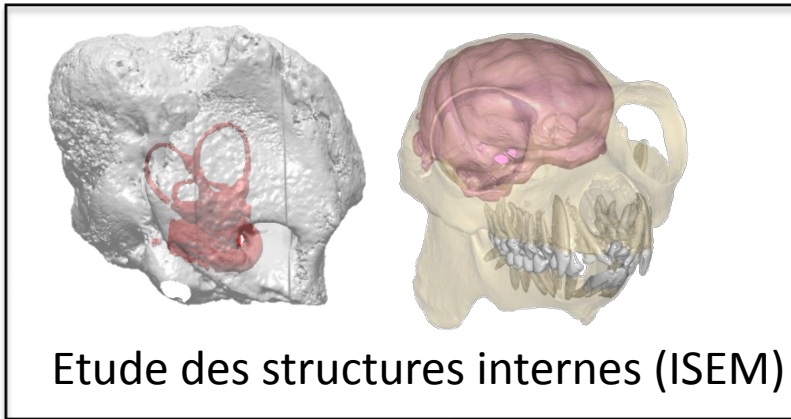


## Plateau Microtomographie RX



ISEM SkyScan1076

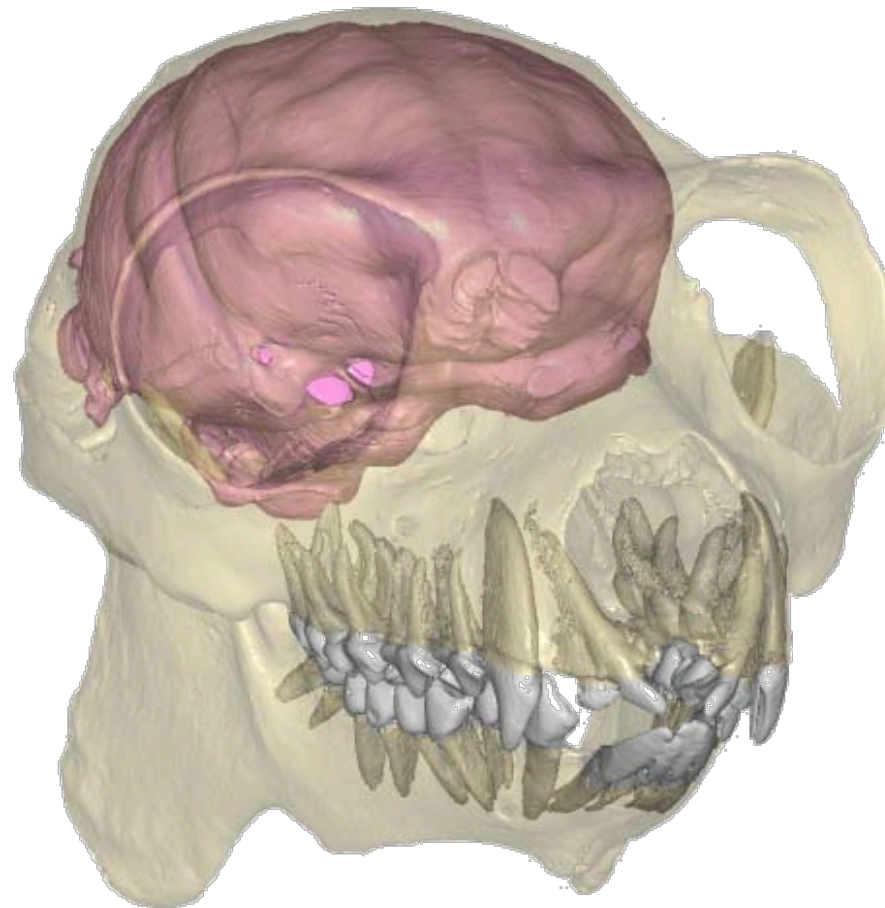
## Plateau Microtomographie RX : exemples





## **Intérêt majeur**

Accès à la géométrie et aux structures internes de manière non destructive





## Intérêt majeur

Un effet « de mode »?

→ Avancée fondamentale dans le domaine de l'analyse non destructive de la morphologie 3D

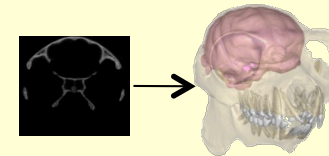
→ Des technologies qui se répandent et qui resteront

# Tomographie RX : principe et applications

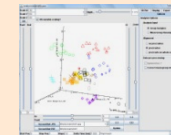
- Acquisition de données



- Traitement des données

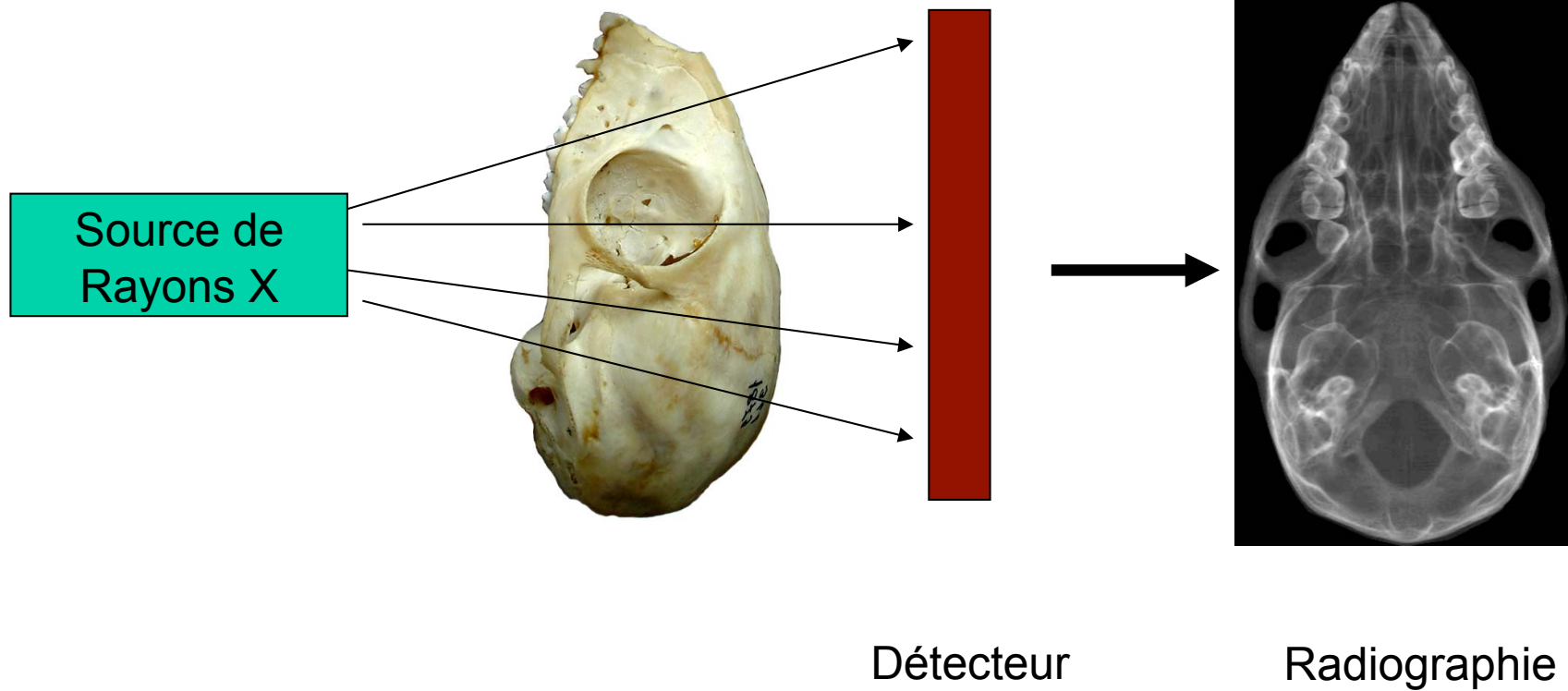


- Analyse des données



# Acquisition de données

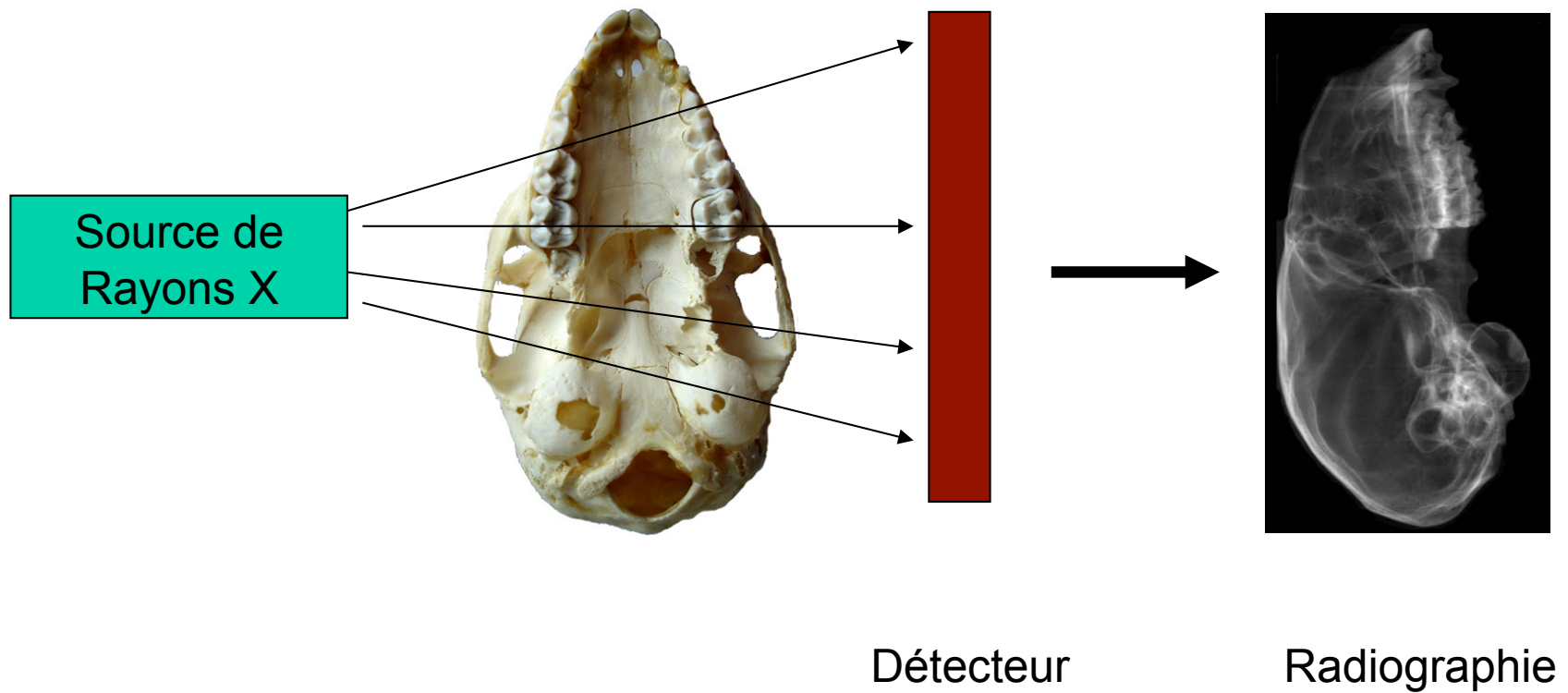
## Tomographie par rayons X





# Acquisition de données

## Tomographie par rayons X



Rotation de l'objet (ou du détecteur)  
→ nouvelles radiographies

# Acquisition de données

## Tomographie par rayons X



Radiographies



Information de densité à  
la position  $x,y,z$

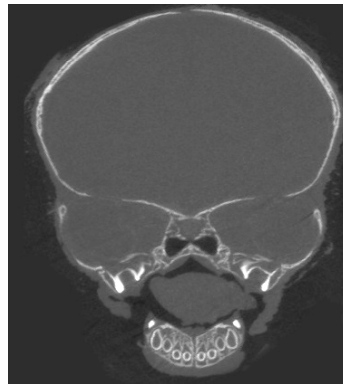
Coupes virtuelles

# Acquisition de données

## Micro-tomographie

### Echantillons

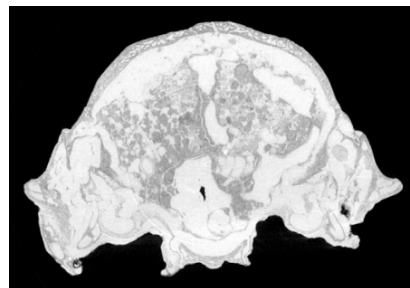
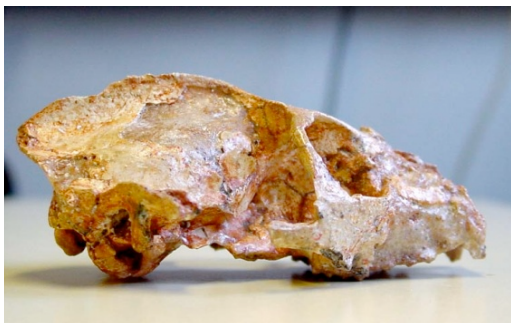
Structures peu denses



### Machines

Faible énergie ( $\sim 40$  keV)  
= Source RX adaptée

Structures très denses



Haute énergie ( $> 100$  keV)  
= Source RX adaptée



# Acquisition de données

## Micro-tomographie

### Echantillons

Petit spécimen



Grand spécimen



### Machines

- Petite chambre d'acquisition  
- Haute résolution  
= Capteur CCD adapté  
+ Géométrie adaptée  
+ Source ponctuelle

- Grande chambre d'acquisition  
- Faible résolution  
= Capteur CCD adapté  
+ Géométrie adaptée  
+ Source puissante

# Acquisition de données

## Micro-tomographie

### Echantillons

Spécimens vivants



Spécimens fixés



### Machines

-Porte-échantillon de type  
« lit horizontal »  
=géométrie du scanner  
fixe

-Porte-échantillon rotatif  
=Scanner à géométrie  
variable (plus grande  
gamme de résolutions)

## Acquisition de données

Il n'existe pas de machine totalement polyvalente.

→ Impossible de couvrir toutes les gammes de **résolution**, **taille** et **densité** avec une seule machine.



# Acquisition de données

## SkyScan 1076

Dimensionné pour échantillons de la taille et de la densité d'une souris

- ~3 mm → 6.5 cm de diamètre
- 09μm, 18μm, 36μm
- 40 kV → 100 kV

Conçu pour scanner des objets vivants

- Capteur CCD rapide
- Lit horizontal fixe

# Acquisition de données

## Autres outils: scanner médical





# Acquisition de données

## Autres outils: synchrotron



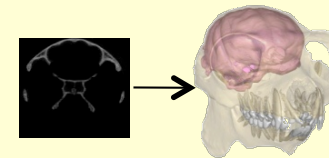
ESRF, Grenoble

# Tomographie RX : principe et applications

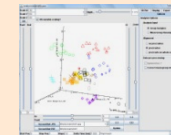
- Acquisition de données



- Traitement des données



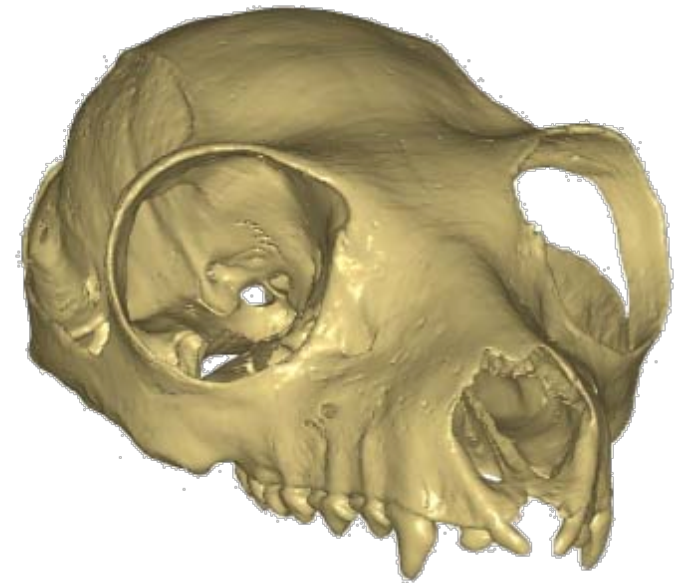
- Analyse des données



# Traitement des données

## Extraction des structures d'intérêt

→ Automatiquement (seuillage)

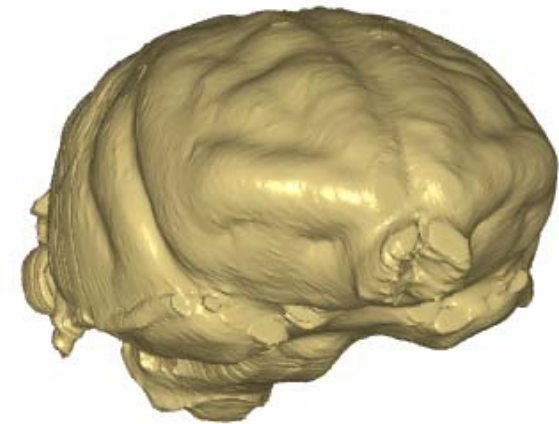
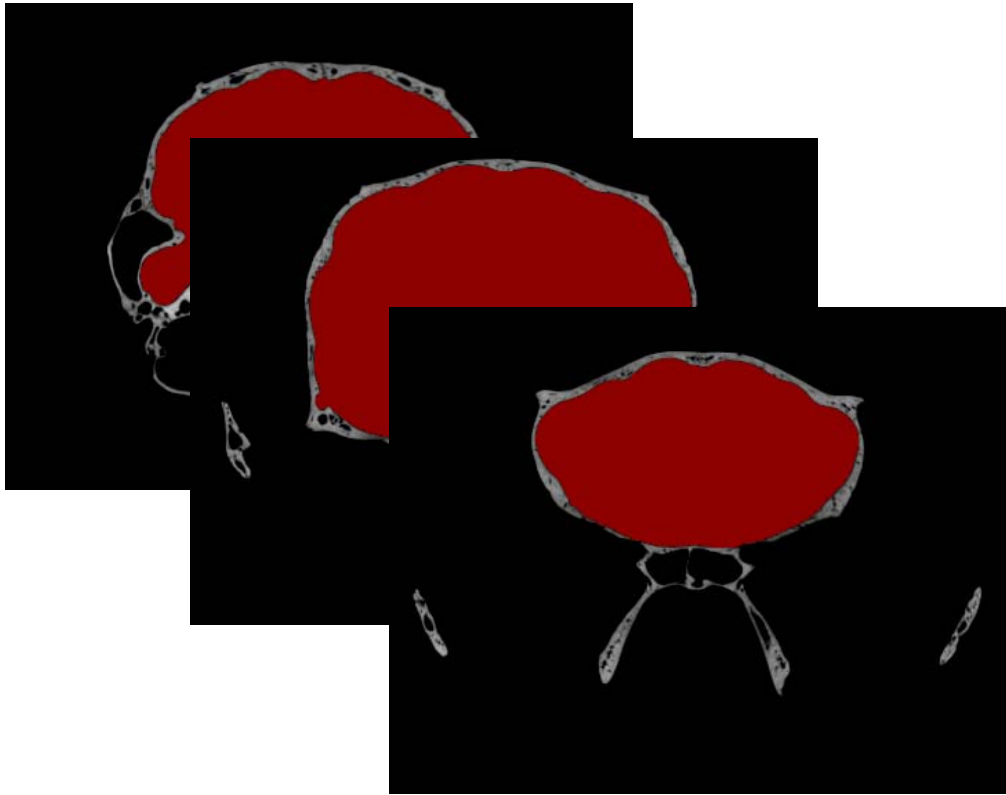




# Traitement des données

## Extraction des structures d'intérêt

→ Semi-automatiquement à  
manuellement (ex: cavités)

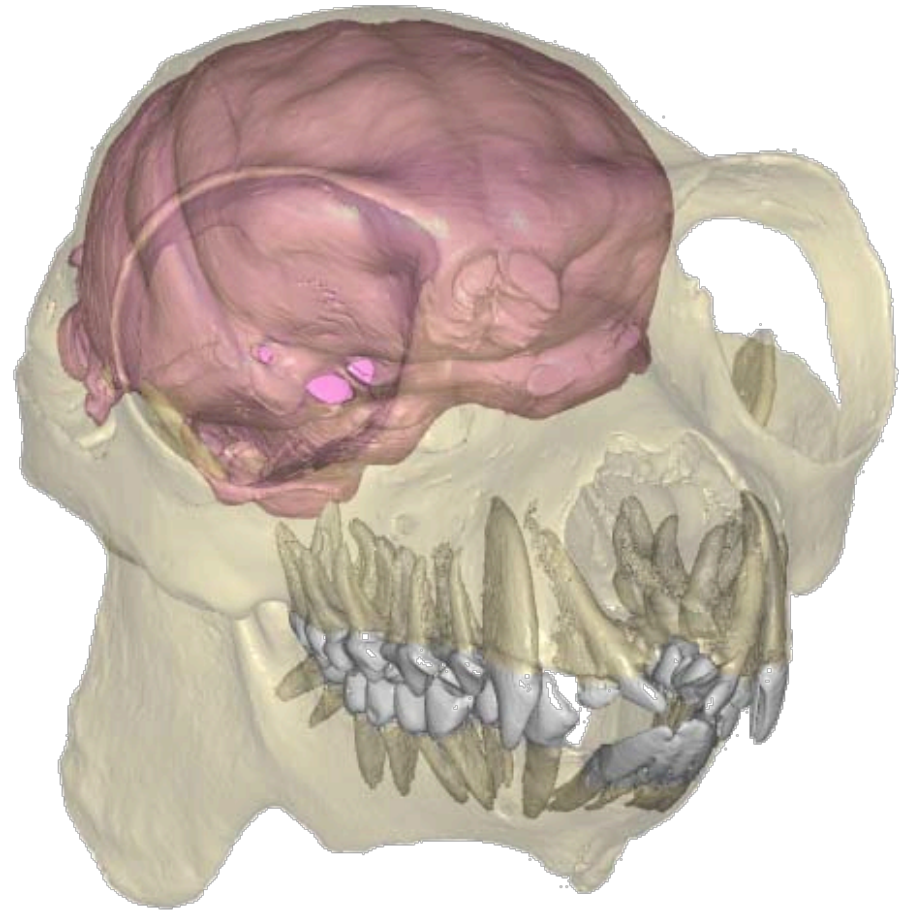


# Traitement des données

## Segmentation

Plateau équipé d'outils standards de segmentation

- Amira
- Drishti



# Visualisation des données

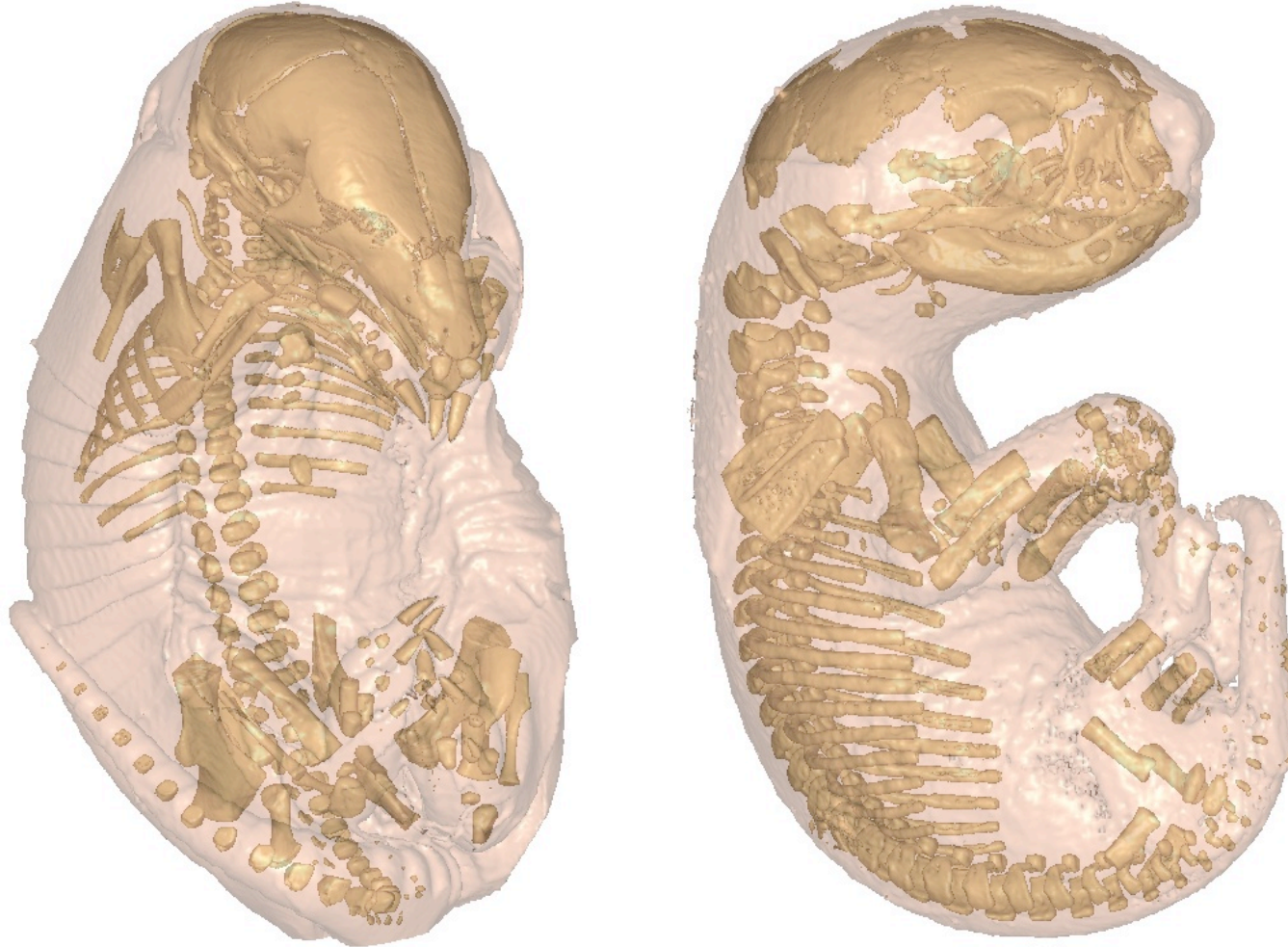
Exemples de données issues du SkyScan 1076



Crédits: Jean-François Agnès (ISEM)

# Visualisation des données

Exemples de données issues du SkyScan 1076

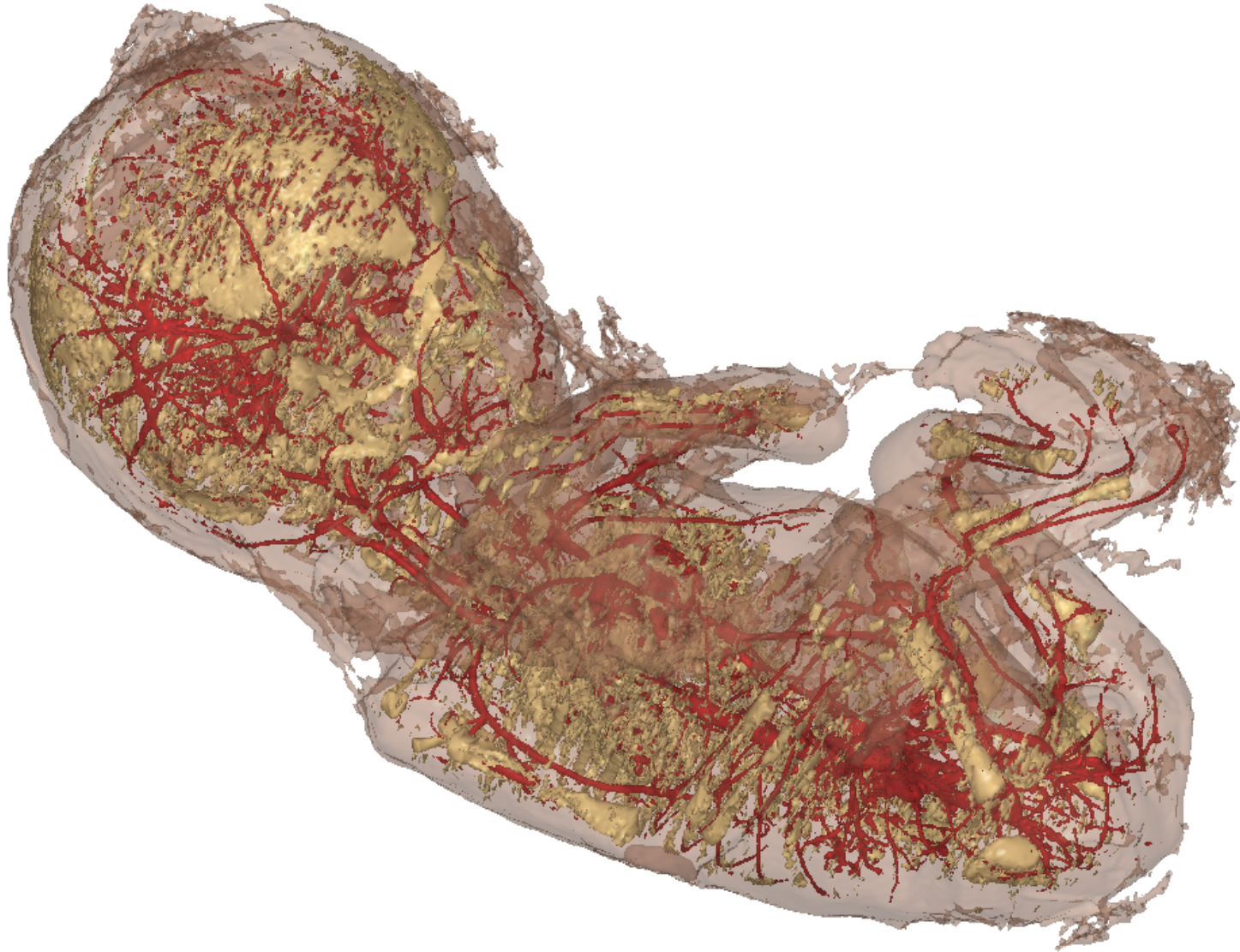


Crédits: Lionel Hautier (Cambridge)



# Visualisation des données

Exemples de données issues du SkyScan 1076



Crédits: Guillaume Captier (UM1)



## Traitement des données

Intérêt de ces modèles virtuels

Reconstruction de fossiles :

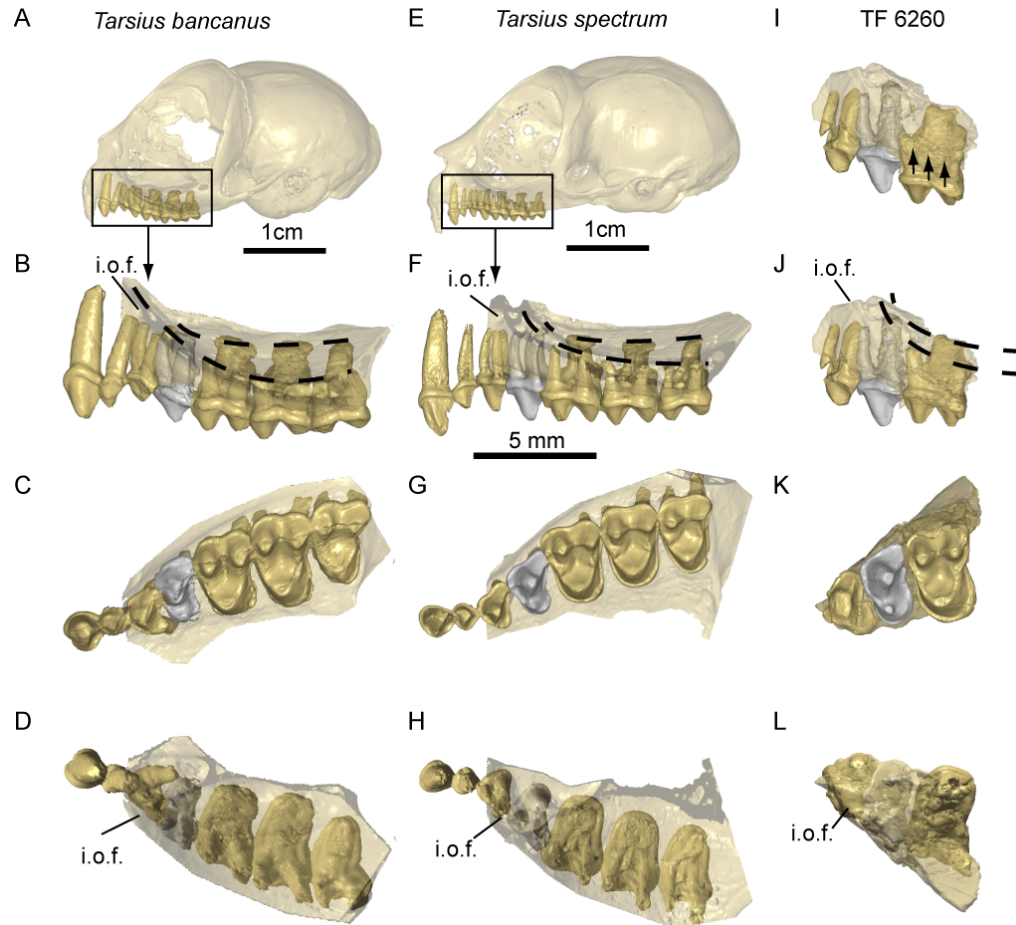


Chaimanee Y., **Lebrun R.**, Yamee C. and Jaeger J.-J. 2011

# Traitement des données

## Intérêt de ces modèles virtuels

### Reconstruction de fossiles :

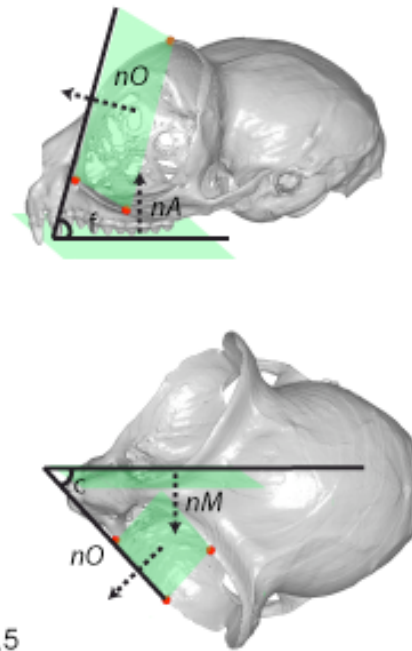
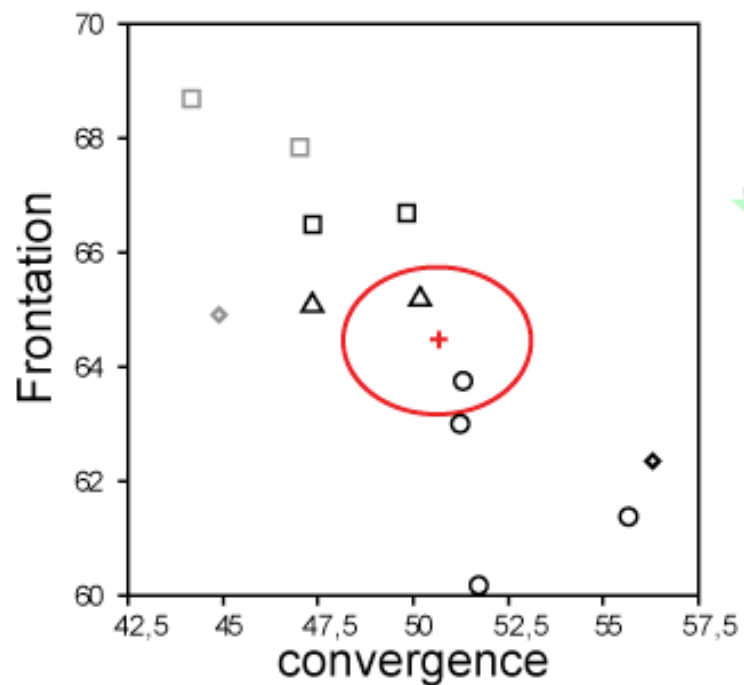


Chaimanee Y., Lebrun R., Yamee C. and Jaeger J.-J. 2011

# Traitement des données

Intérêt de ces modèles virtuels

Reconstruction de fossiles :

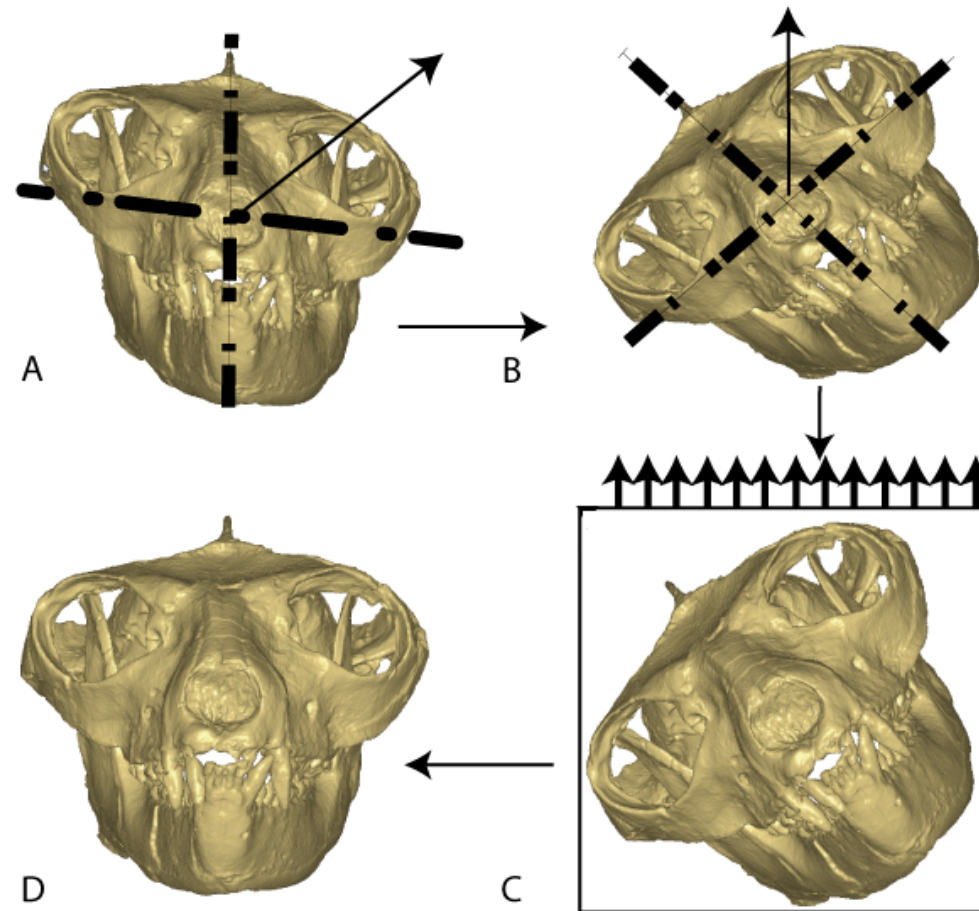


Chaimanee Y., **Lebrun R.**, Yamee C. and Jaeger J.-J. 2011

# Traitement des données

Intérêt de ces modèles virtuels

Reconstruction de fossiles :

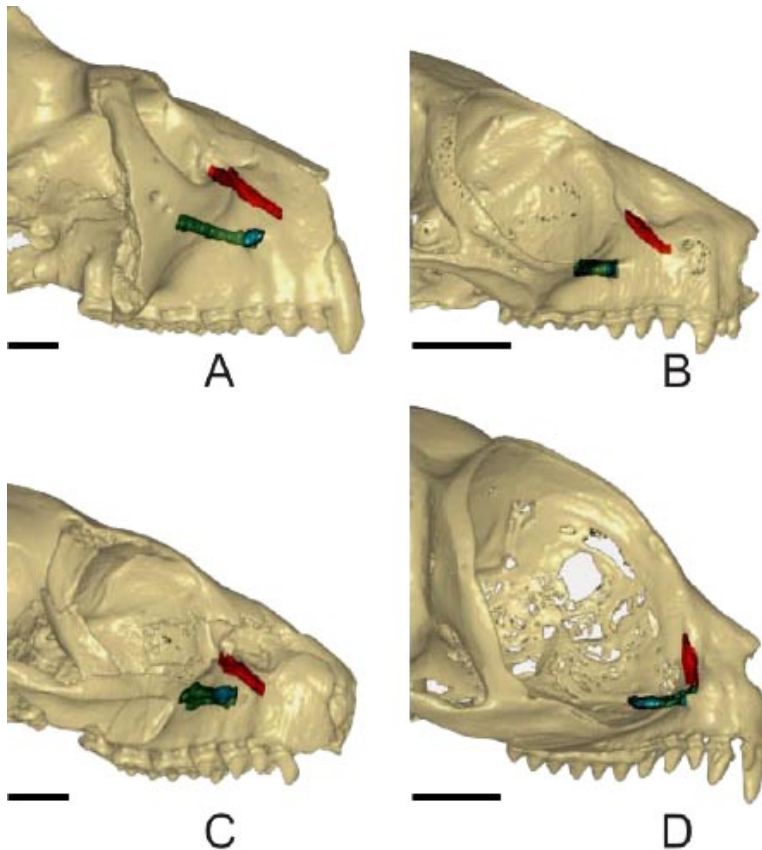


Lebrun R., Thèse de doctorat (2008)

# Traitement des données

## Intérêt de ces modèles virtuels

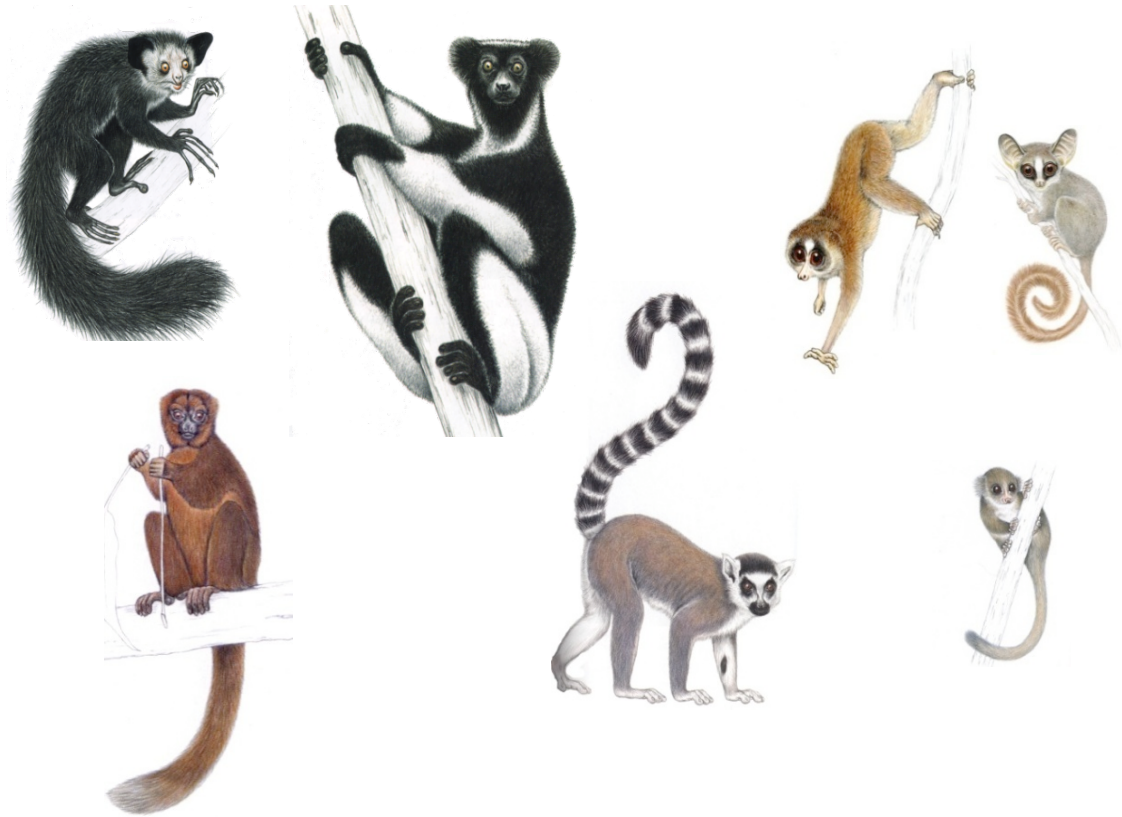
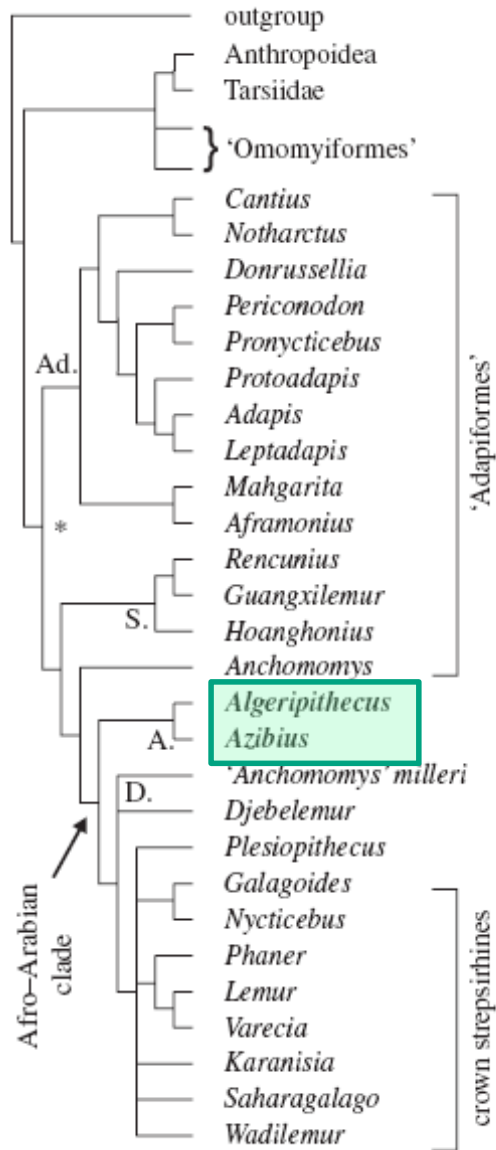
Extractions de structures diagnostiques internes:



Tabuce R., Marivaux L., **Lebrun R.** et al. *Proc. R. Soc. B* (2009)



# Traitement des données



*Algeripithecus* à la base  
des « strepsirhiniens » actuels

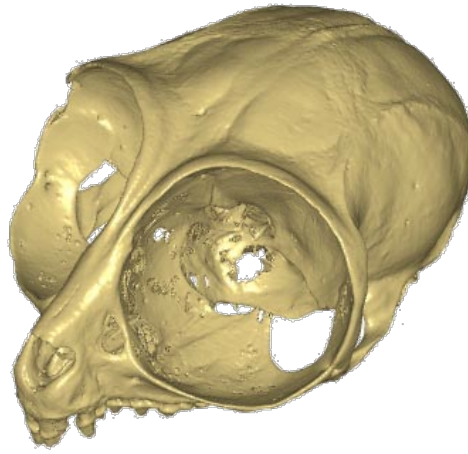
Tabuce R., Marivaux L., Lebrun R. et al. *Proc. R. Soc. B* (2009)

# Traitement des données 3D

## Intérêt de ces modèles virtuels



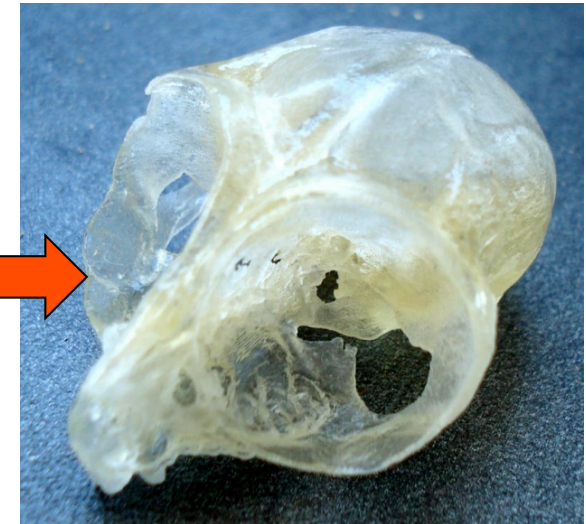
Spécimen réel



1 cm



Reconstruction



(AIM, Zürich)

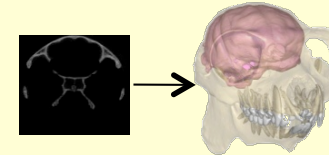
Impression 3D

# Données tomographie RX

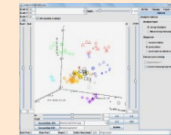
- Acquisition de données



- Traitement des données

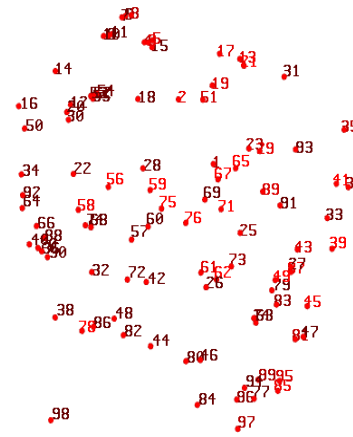
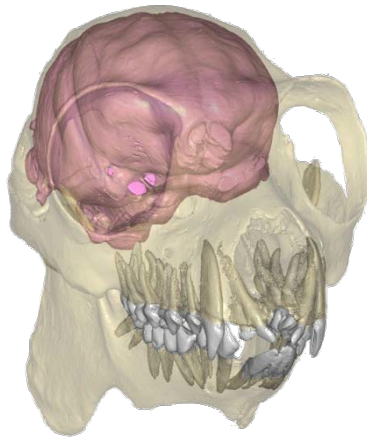
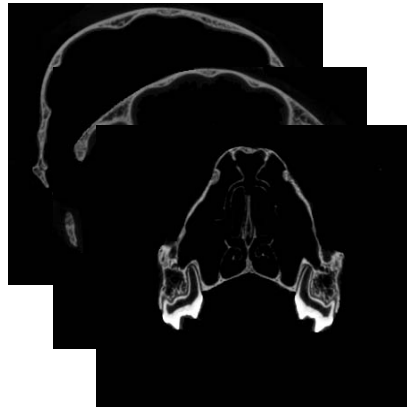


- Analyse des données



# Analyse des données

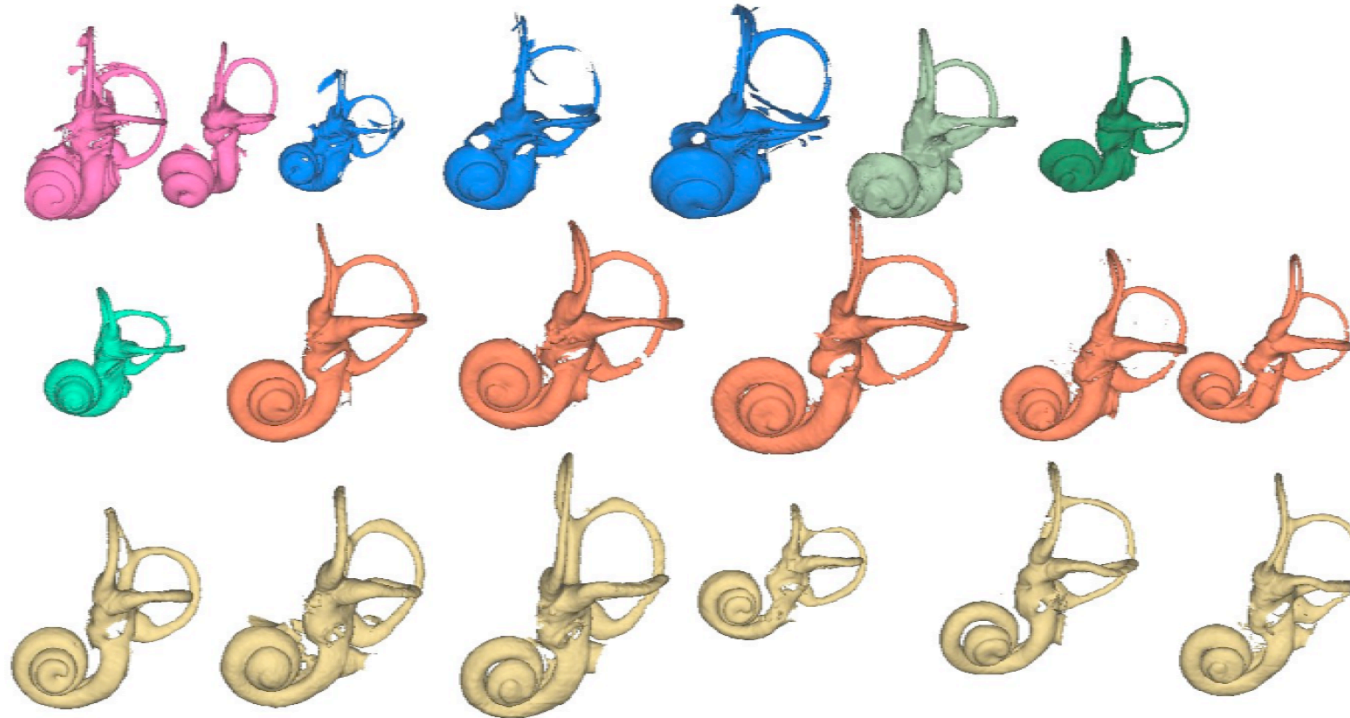
Scans → Modèles 3D → Mesures



Analyses comparatives  
(aire, volume, géométrie)

# Analyse des données

## Applications: oreilles internes



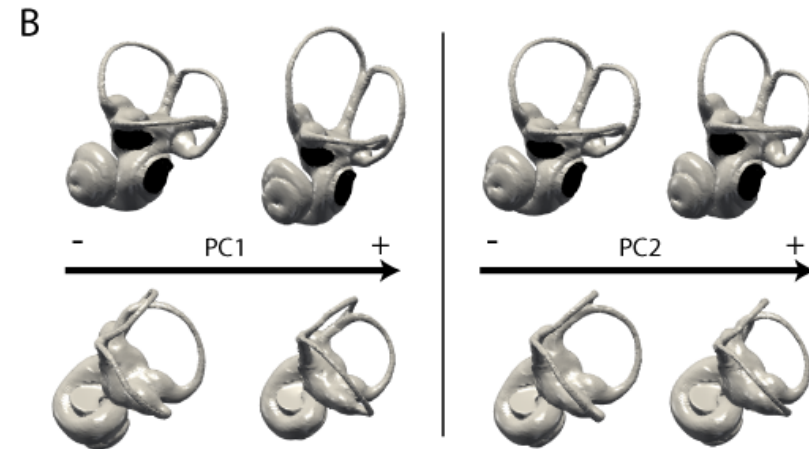
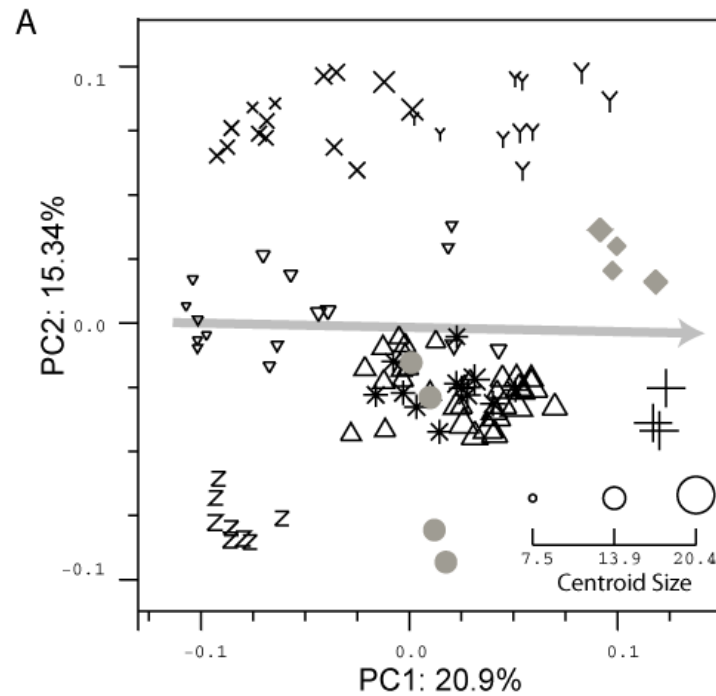
Variations morphologiques du labyrinthe chez les primates

→ Structure contrainte au niveau fonctionnel: on s'attend à ce que les variations morphologiques reflètent des variations fonctionnelles : audition / locomotion



# Analyse des données

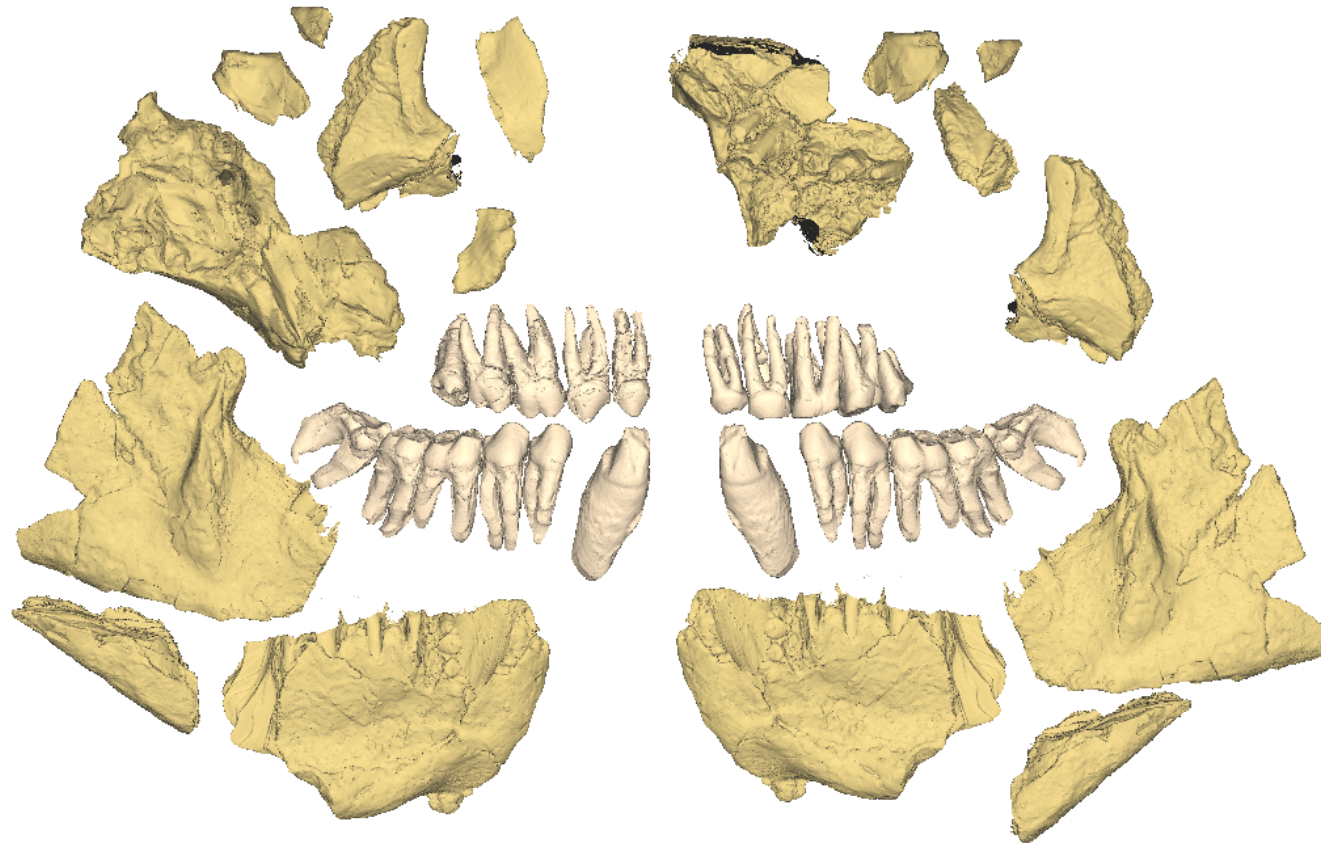
## Applications: oreilles internes



Lebrun R. et al., *J. Anat* (2010)

## Analyse des données

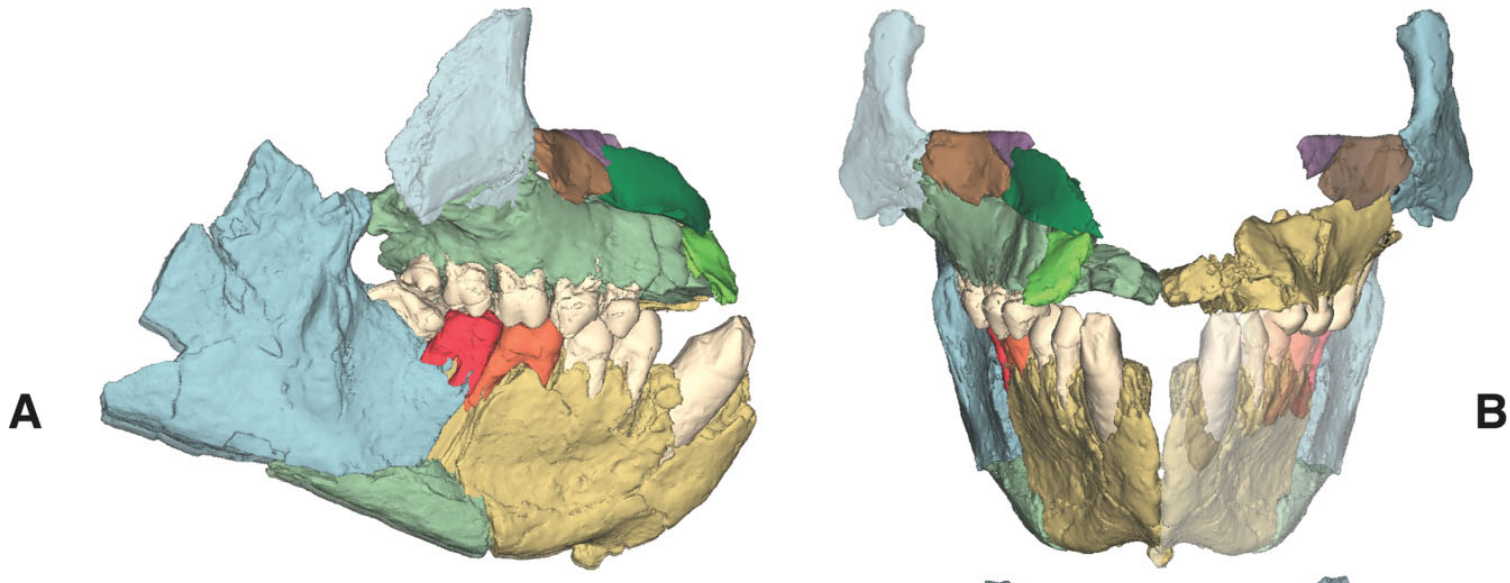
### Applications: the face of *Siamopithecus eocaenus*



Zollikofer C. et al. (**Lebrun R.** incl.) *Anat Rec.* (2009)

## Analyse des données

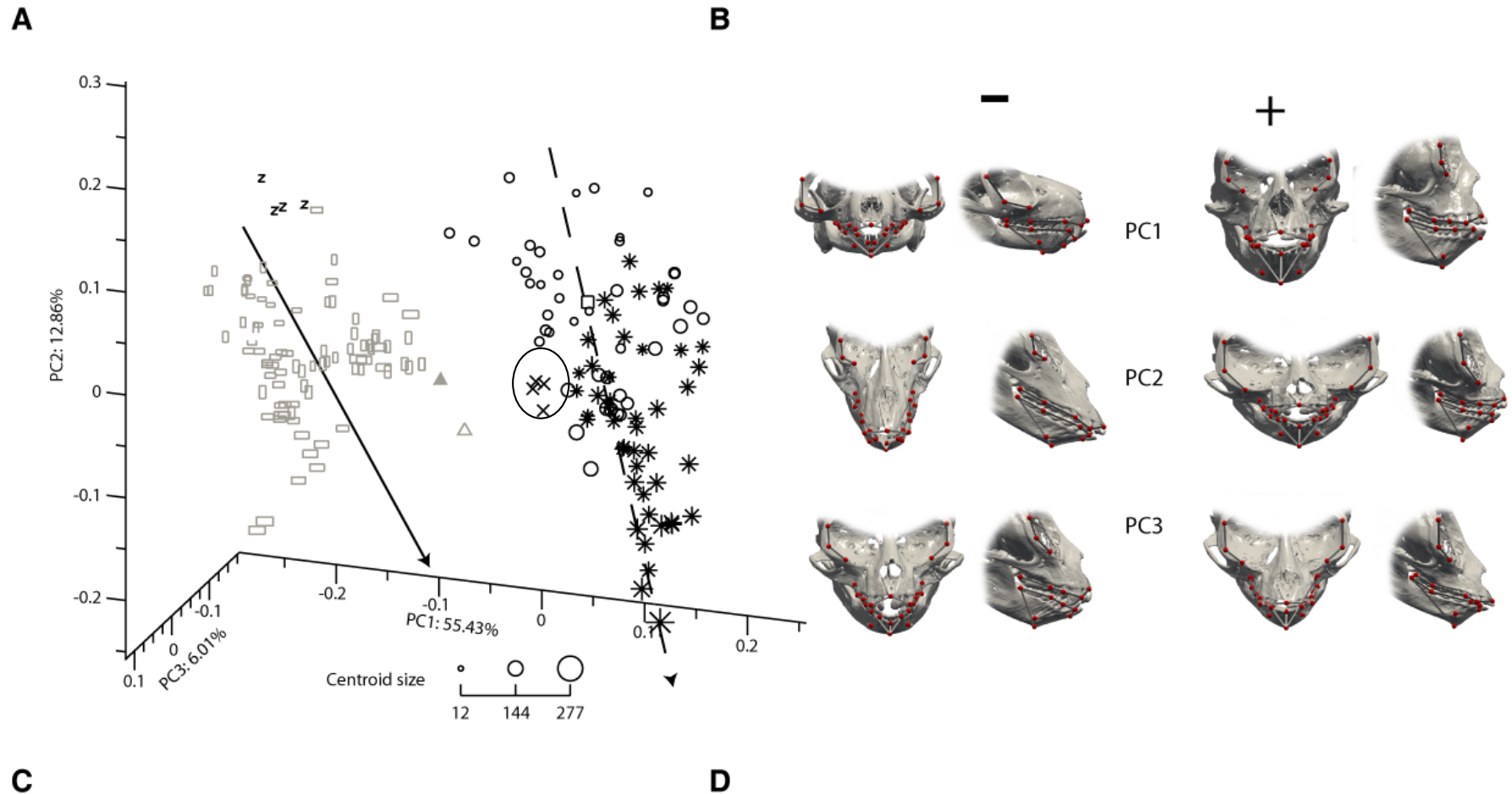
Applications: the face of *Siamopithecus eocaenus*



Zollikofer C. et al. (Lebrun R. incl.) *Anat Rec.* (2009)

# Analyse des données

## Applications: the face of *Siamopithecus eocaenus*

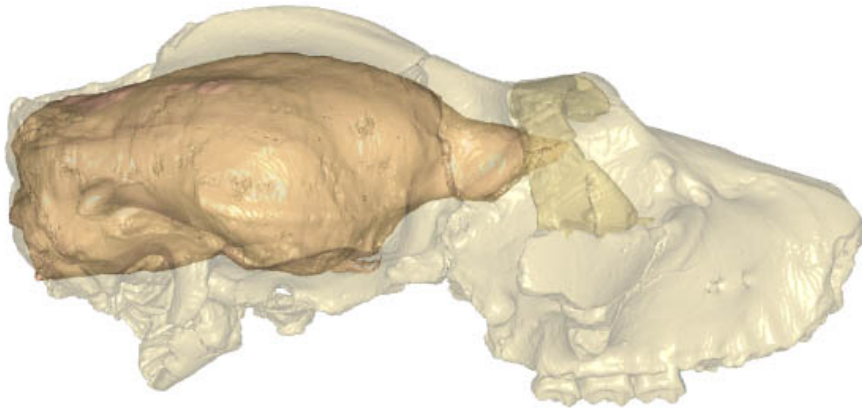


Zollikofer C. et al. (Lebrun R. incl.) *Anat Rec.* (2009)

# Analyse des données

## Paléoneurologie: renouveau de la discipline

De plus grands échantillons sont désormais disponibles



*Palaeolemur betillei*

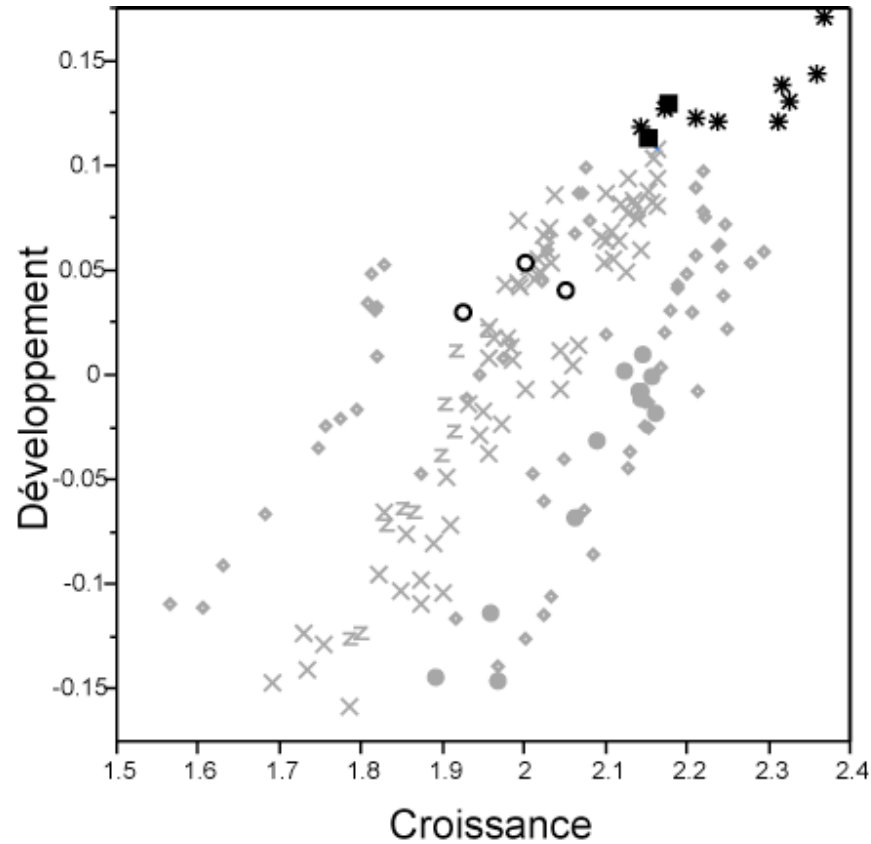


*Microchoerus sp.*

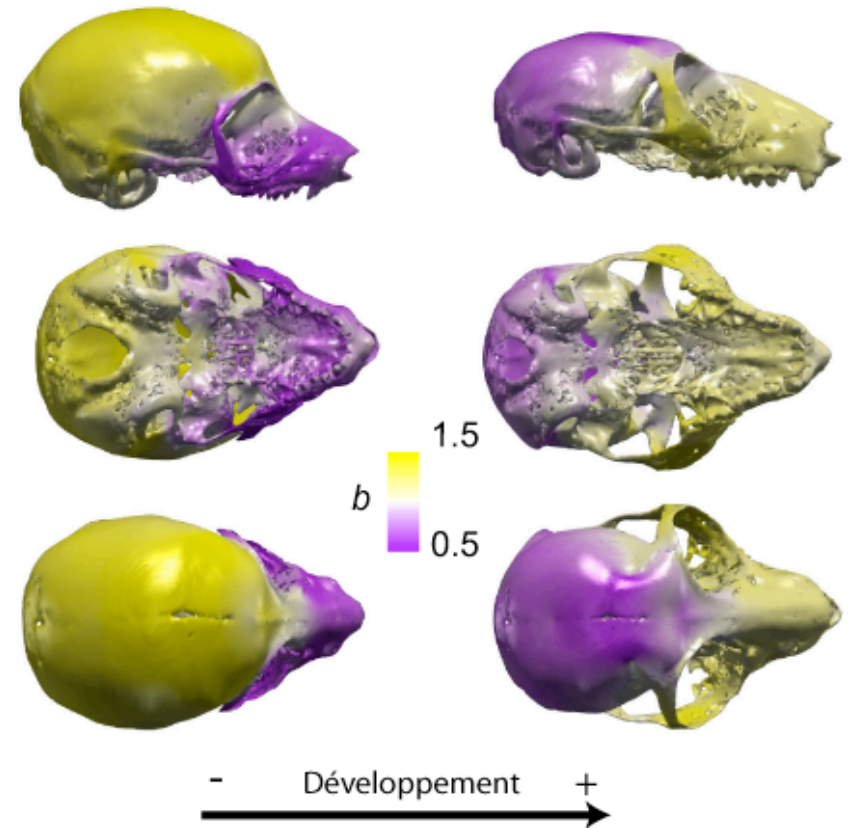


# Analyse des données

## Paléoneurologie: ontogénie et encéphalisation chez les primates



■ fossiles      ■ actuels

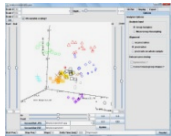


## Conclusion



- Investissements

- Temps d'acquisition longs
- Coût élevé



- Bénéfices majeurs

- Analyses non destructives
- Collections virtuelles
- Nouveaux domaines d'investigation

**Merci!**