

Imagerie 3D en Biologie Evolutive

Renaud Lebrun

Institut des Sciences de l'Evolution
Université Montpellier 2

renaud.lebrun@univ-montp2.fr

1

Imagerie 3D en Biologie Evolutive

CT, μ CT, IRM...
Un effet « de mode » ?

→ Avancée fondamentale

→ Des technologies / méthodes qui se répandent
et qui resteront

2

Imagerie 3D en Biologie Evolutive

Buts de cette intervention

Donner des bases théoriques et pratiques pour:

- l'acquisition
- le traitement
- l'analyse

des images

3

Imagerie 3D en Biologie Evolutive

Contenu

- Acquisition de données 3D par tomographie RX
- Traitement des données 3D (segmentation, reconstruction)
- Intérêt en paléontologie / biologie évolutive
- Géométrie morphométrique: exemples

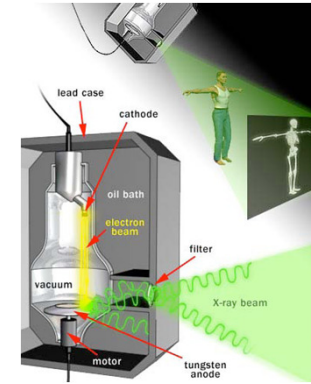
4

Acquisition de données

5

Tomographie par rayons X

Acquisition de données

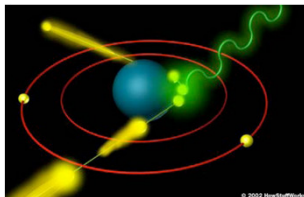


<http://health.howstuffworks.com/x-ray2.htm>

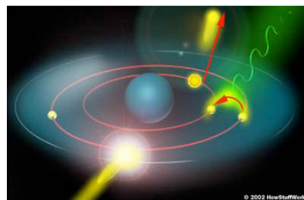
6

Tomographie par rayons X

Acquisition de données



Spectre =
Rayonnement continu
+ Raies



<http://health.howstuffworks.com/x-ray2.htm>

7

Acquisition de données



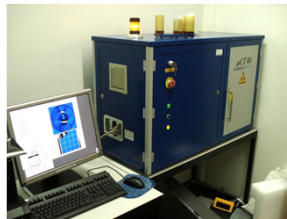
Université Montpellier II



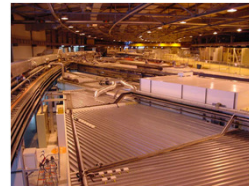
Zürich UniversitätsSpital

Scanners In-vivo

8



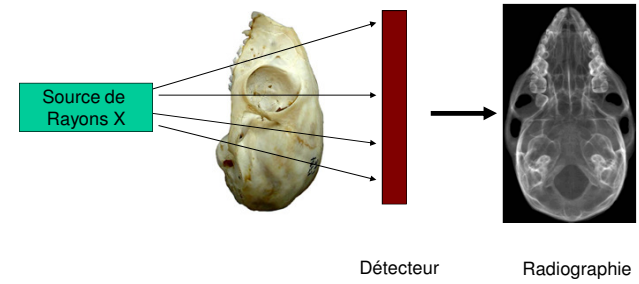
Anthropological Institute, Zürich



ESRF, Grenoble

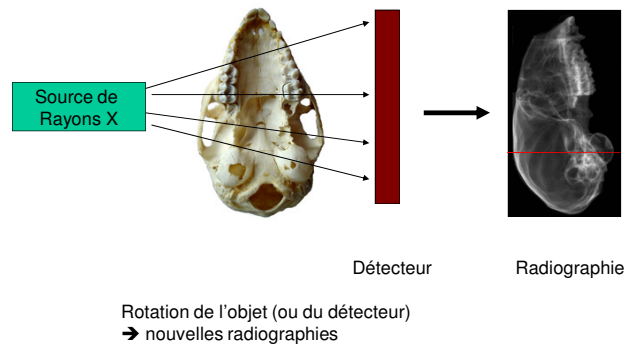
Scanners industriels 9

Tomographie par rayons X : principe



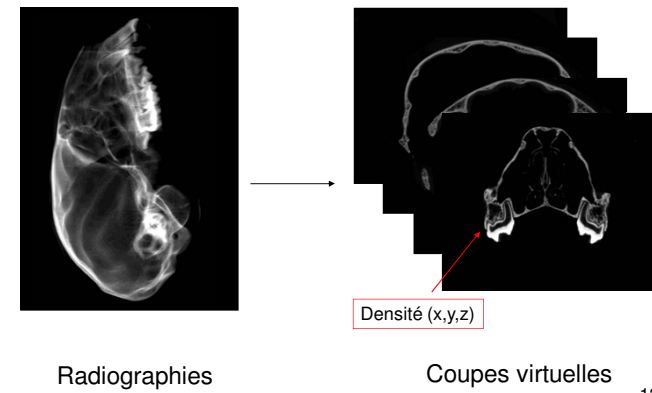
10

Tomographie par rayons X : principe



11

Tomographie par rayons X



12

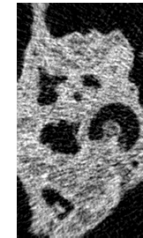
Stockage des images

- Noir/Blanc:
 - 1 bit
- Niveaux de gris:
 - 8 bit (1 byte): 256 niveaux
 - 16 bit: $256^2 = 65536$ niveaux

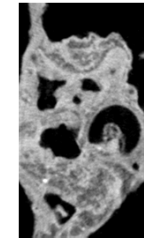
13

Artefacts

Ratio signal / bruit



130 projections
Avg=1

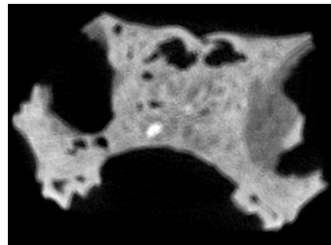


500 projections
Avg = 10

14

Artefacts

Mouvement des spécimens pendant l'acquisition

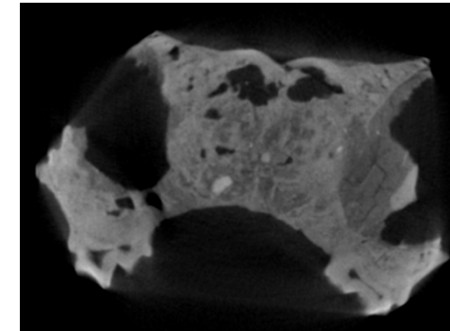


Synchronisation de l'acquisition sur le cycle respiratoire

15

Artefacts

Beam hardening (durcissement de faisceau)



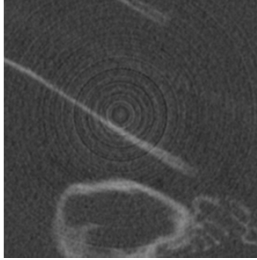
Utilisation d'une source monochromatique

16

Acquisition de données

Artefacts

Ring artefacts



17

Acquisition de données

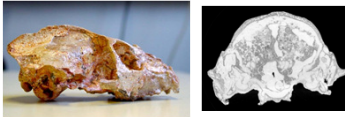
Echantillon vs. Machine

Structures peu denses



Faible énergie (~40 keV)
= Source RX adaptée

Structures très denses



Haute énergie (>100 keV)
= Source RX adaptée

18

Acquisition de données

Echantillon vs. Machine

Petit spécimen



Grand spécimen



- 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

19

Acquisition de données

Echantillon vs. Machine

Spécimens vivants



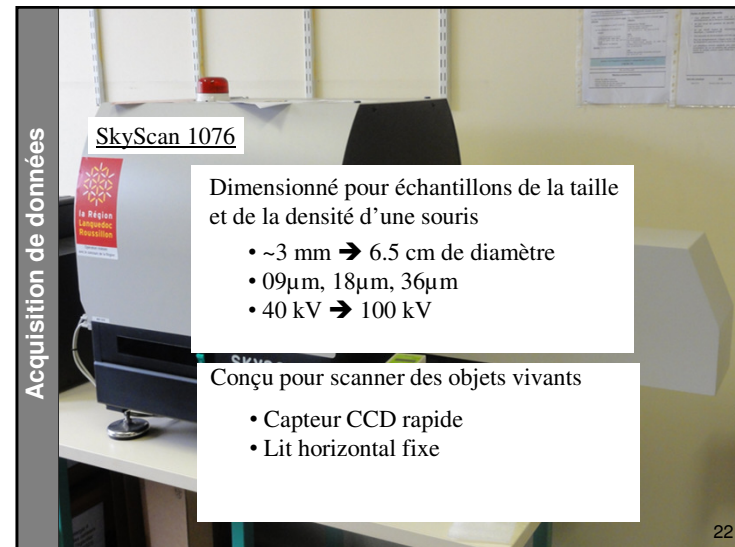
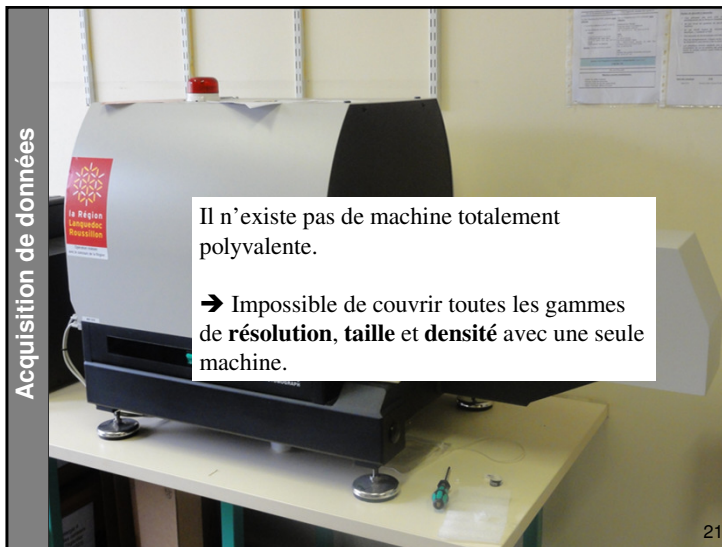
Spécimens fixés



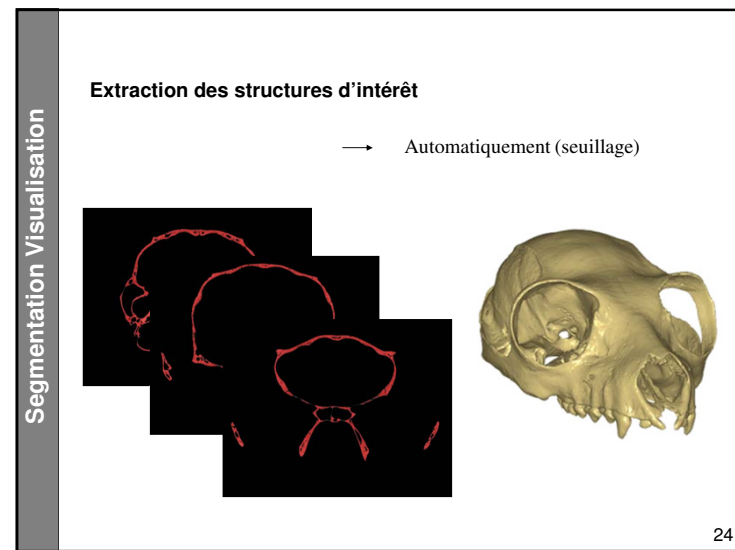
- Porte-échantillon de type « lit horizontal »
= géométrie du scanner fixe

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

20



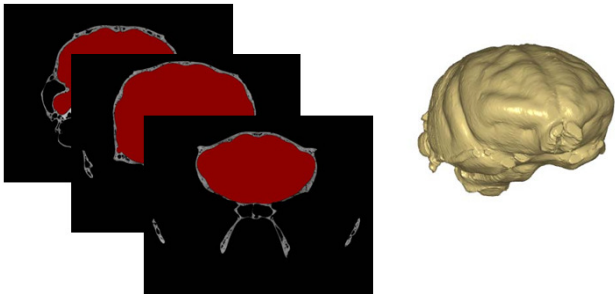
Segmentation / Visualisation



Segmentation Visualisation

Extraction des structures d'intérêt

→ Semi-automatiquement à manuellement (ex: cavités)



25

Segmentation Visualisation

Intérêt en biologie évolutive

Paléontologie

Information morphologique
Signal chimique

26

Segmentation Visualisation

Intérêt en biologie évolutive

Paléontologie

Information morphologique
Signal chimique

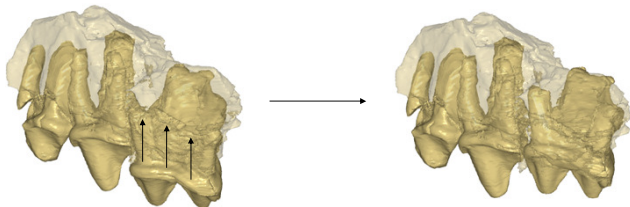
Que peut-on inférer de la morphologie ?

27

Segmentation Visualisation

Intérêt en biologie évolutive

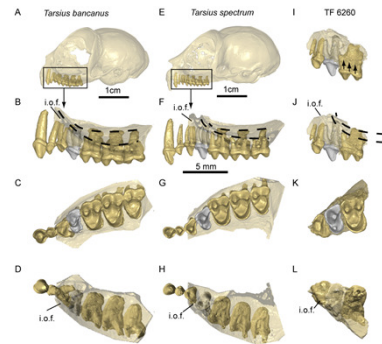
Reconstruction de fossiles :



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

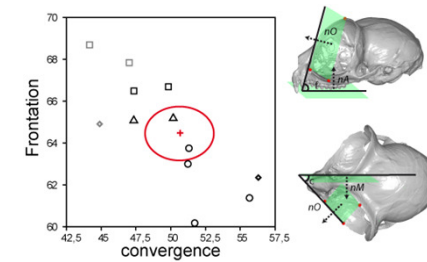
28

Intérêt en biologie évolutive

Reconstruction de fossiles :Chaimanee Y., **Lebrun R.**, Yamee C. and Jaeger J.-J. 2011

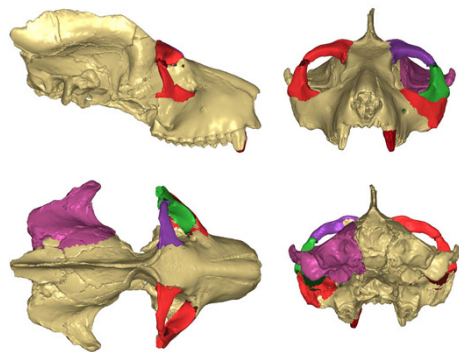
29

Intérêt en biologie évolutive

Reconstruction de fossiles :Chaimanee Y., **Lebrun R.**, Yamee C. and Jaeger J.-J. 2011

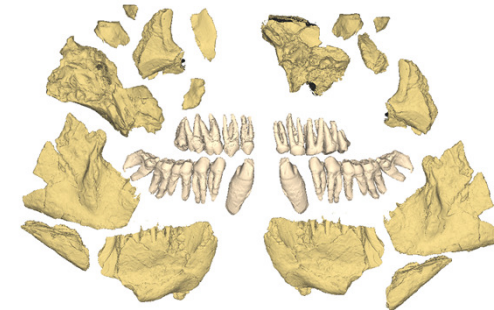
30

Intérêt en biologie évolutive

Reconstruction de fossiles :**Lebrun R.**, Thèse de doctorat (2008)

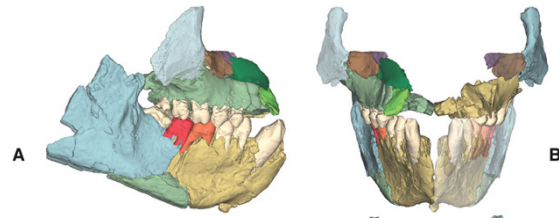
31

Intérêt en biologie évolutive

Reconstruction de fossiles :Zollikofer C. et al. (**Lebrun R.** incl.) *Anat Rec.* (2009)

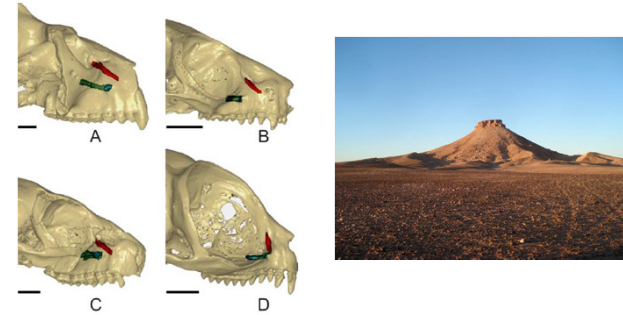
32

Intérêt en biologie évolutive

Reconstruction de fossiles :Zollikofer C. et al. (**Lebrun R.** incl.) *Anat Rec.* (2009)

33

Intérêt en biologie évolutive

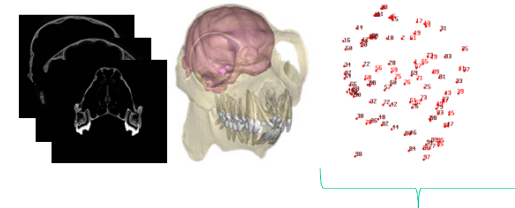
Extractions de structures diagnostiques internes:Tabuce R., Marivaux L., **Lebrun R.** et al. *Proc. R. Soc. B* (2009)

34

Analyses Comparatives

Analyses comparatives

Scans → Modèles 3D → Mesures

Analyses comparatives
(aire, volume, géométrie)

36

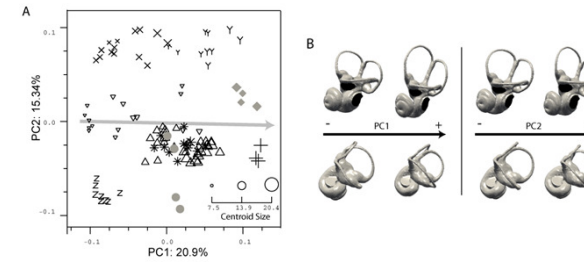
Forme et Taille

Morphologie = taille + forme

- taille: un nombre
- forme: un vecteur multidimensionnel

37

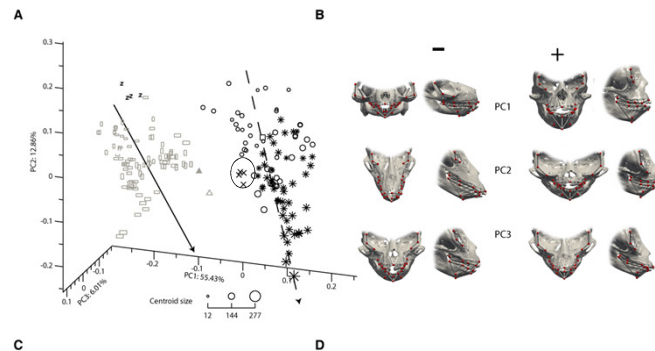
Applications: oreilles internes



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

38

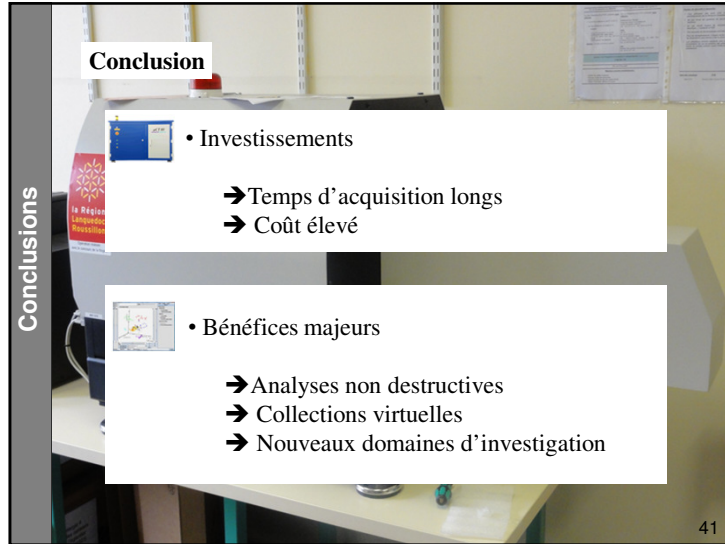
Applications: the face of *Siamopithecus eocaenus*



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

39

Conclusions



Conclusion

Investissements

- Temps d'acquisition longs
- Coût élevé

Bénéfices majeurs

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

41