

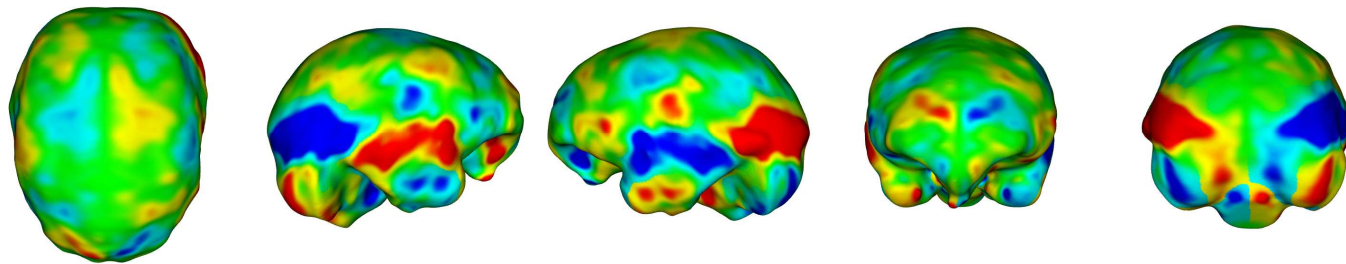
3D-Morphine: 3D Morphometry of Hominid Endocasts

- « Les ARC (**actions de recherche collaborative**) ont pour but de favoriser l'émergence rapide de nouveaux sujets de recherche, notamment en soutenant les initiatives de jeunes chercheurs et les partenariats avec des groupes de recherche extérieurs à l'INRIA. »
- Participants:
 - **Sylvain Prima** – CR INRIA – EPI Visages, Rennes (coordinator)
 - **Xavier Pennec** – DR INRIA – EPI Asclepios, Sophia Antipolis
 - **Gérard Subsol** – CR CNRS – Projet ICAR, Montpellier
 - **José Braga** – Pr Univ Toulouse III – Transvaal Museum, Pretoria
 - **Emmanuel Gilissen** – Pr Faculty of Medicine – Royal Museum for Central Africa, Tervuren
- Objectives:
 - To develop automated morphometric tools for the analysis of virtual *endocasts* (inner table of the skull), which allows to study the brain of extinct (fossil) species
 - To help elucidating the relationship between modern humans (us), our closest extant relatives (chimps and bonobos) and extinct species (Neandertals, South African australopithecines, etc.)



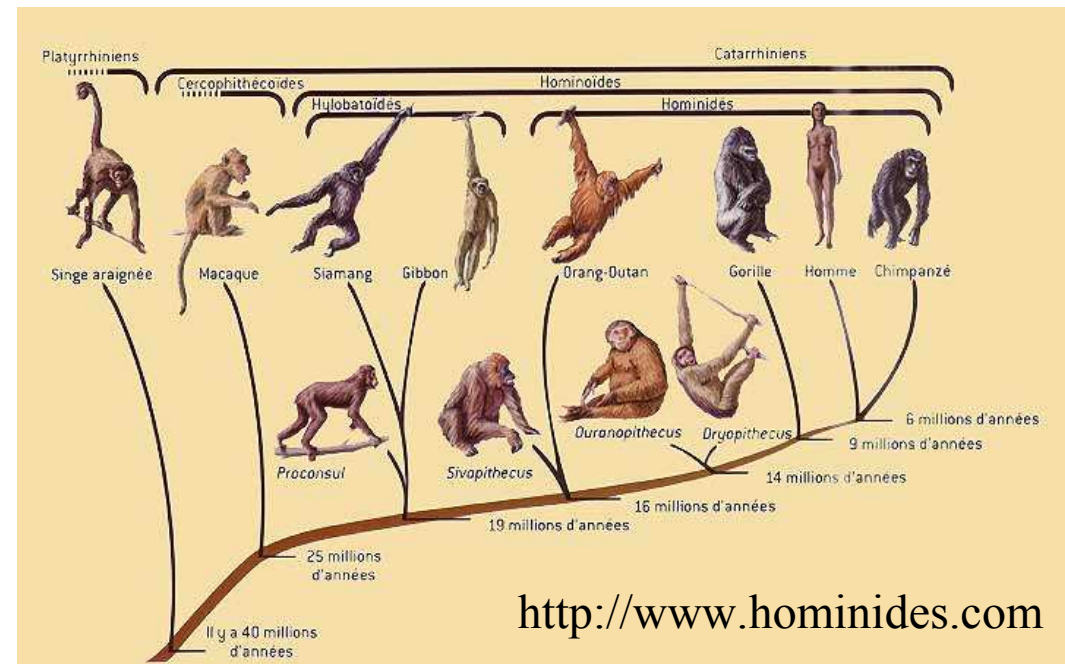
3D-Morphine: 3D Morphometry of Hominid Endocasts

- Morphométrie :
 - Etude de la variation et du changement de la forme (“size and shape”) des organismes vivants
- Hominidés :
 - Famille de primates regroupant les grands singes (l'homme, le chimpanzé, le bonobo, le gorille ou l'orang-outan) et un certain nombre d'espèces éteintes, ancêtres ou non de la lignée humaine.
- Endocrâne :
 - Représentation 3D de l'espace intra-crânien



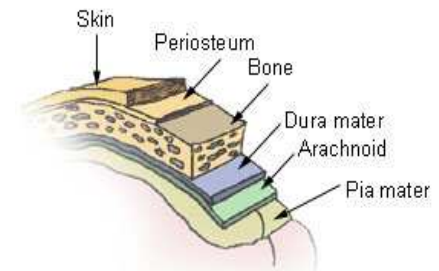
Hominidés ?

- **Embranchement** : Vertébrés
- **Classe** : Mammifères
- **Ordre** : Primates
- **Sous-ordre** : Anthropoidea
- **Famille** : Hominidae (Hominidés)
- **Genre** : Homo
- **Espèce** : *Homo Sapiens*



Endocrânes ?

- Pourquoi étudier les endocrânes ?
 - Seule représentation indirecte du cerveau d'espèces éteintes
 - Inférer l'anatomie, la physiologie, la phylogénie
 - Papiers par Holloway, Falk, Bruner
 - Problème : « What can be detected on the bone is the trace of something that was there. In contrast, the presence of what cannot be detected cannot be excluded »
- Comment les obtenir ?
 - Naturels, artificiels, virtuels/numériques
- L'endocrâne est-il une bonne représentation du cerveau ?
 - Méninges (dure-mère, arachnoïde, pie-mère)
 - Plus fiable chez certaines espèces
- Que conclure de l'analyse de l'endocrâne ?
 - Paramètres globaux (forme, volume, aire)...
 - ... et locaux (circonvolutions cérébrales, vaisseaux, etc.)



Meninges of the CNS



Morphométrie (1) ?

- Superimposition methods
 - Procrustes: 1) superimposition of the landmarks in the least squares sense by removing pose, orientation and scale 2) the Procrustes distance between the two shapes is the value of the criterion at the minimum 3) computation of mean shapes, statistical analysis over populations of subjects, etc.
 - Papers by Kendall, Goodall
 - Applications: comparison of individuals within a population

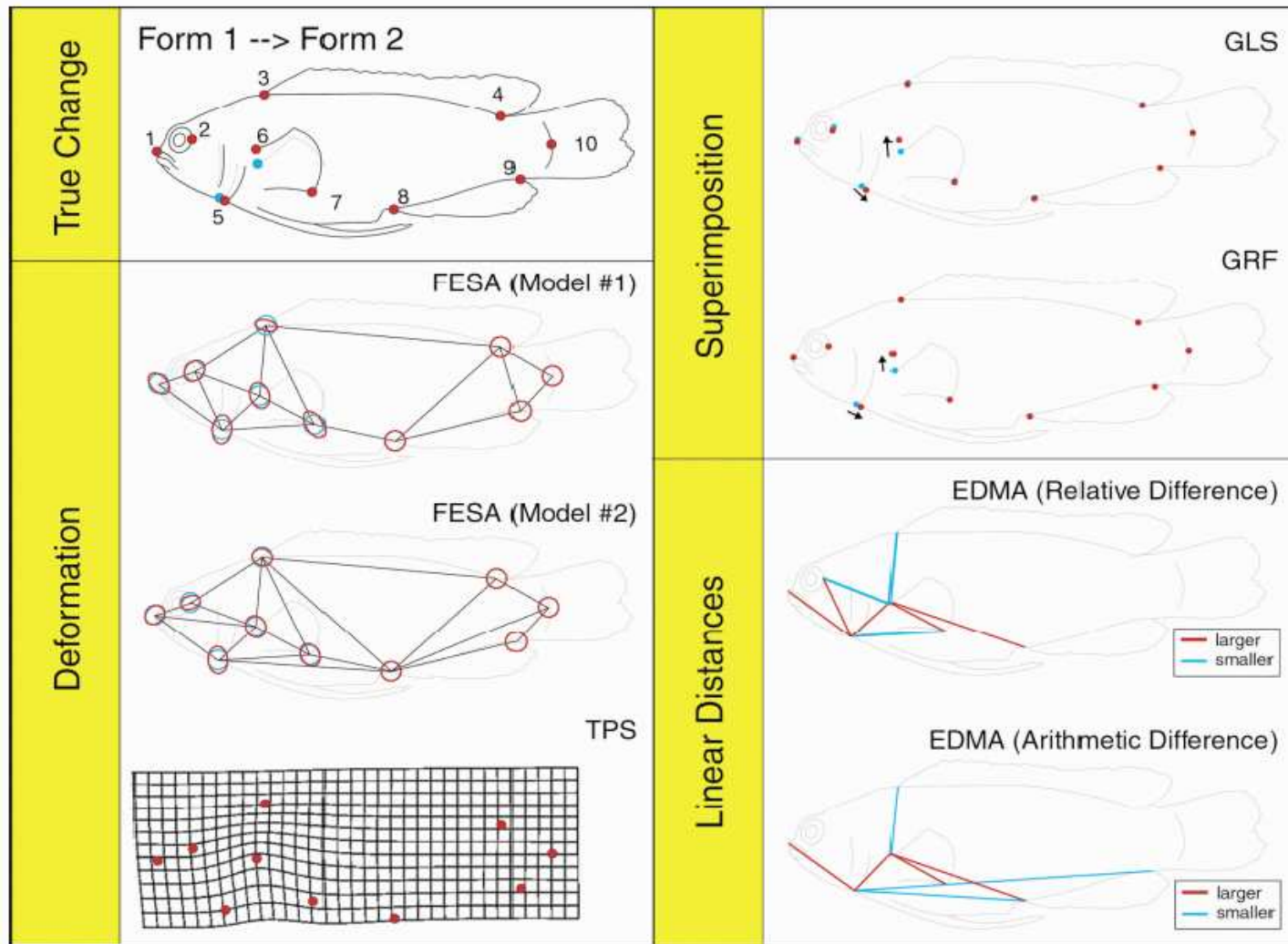


Morphométrie (2) ?

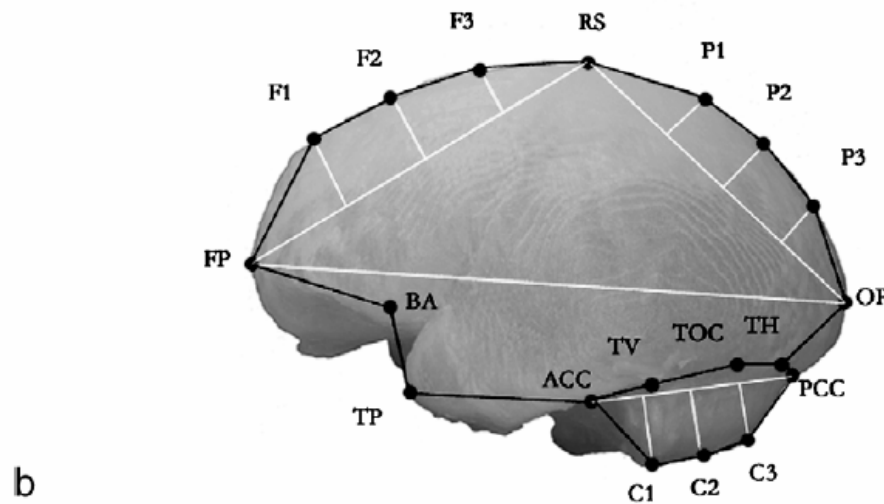
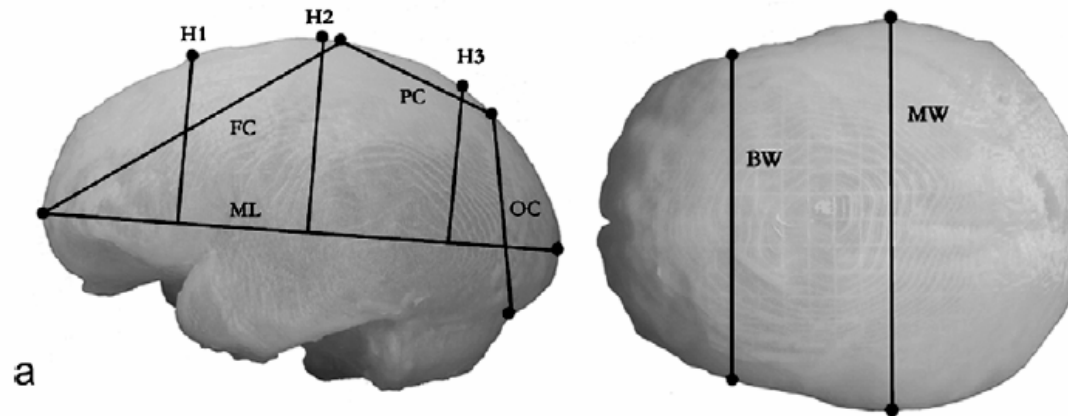
- Deformation methods
 - TPS (Thin Plate Splines): 1) estimation of the deformation interpolating the landmarks 2) analysis of the deformation (eigenvalues/vectors of the bending matrix)
 - FESA (Finite Element Scaling Analysis)
 - Papers by Bookstein and others...
 - Applications: comparison of individuals between populations
- Linear distance-based methods
 - EDMA (Euclidean Distance Matrix Analysis): analysis of the inter-landmark distances
 - Papers by Lele & Richtsmeier
 - Applications: comparison of individuals within a population



Morphométrie (3) ?



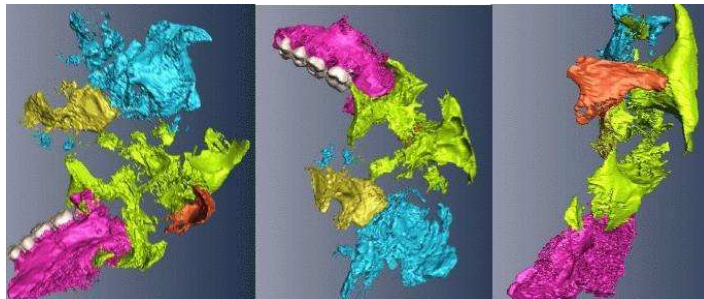
Morphométrie (4) ?



Bruner 2004

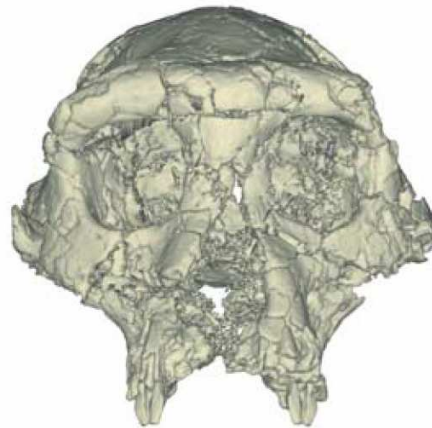
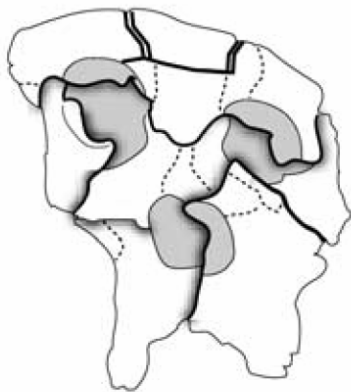


Reconstruction du crâne



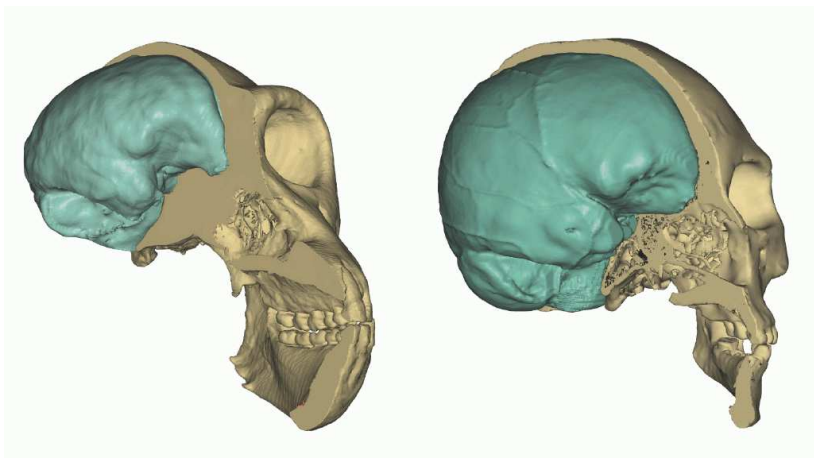
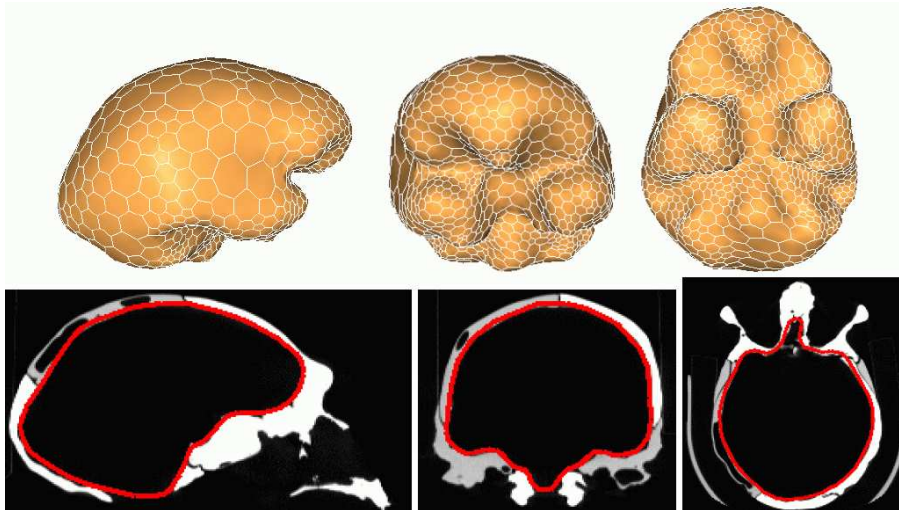
- STS 60 (endocrâne naturel) + TM 1511 (fragments du crâne)
- *Australopithecus africanus*
- Découvert en 1936, scanné en 2007 (micro-scanner Xtreme)
- 1er défi : segmentation des morceaux
- 2ème défi : reconstruction du crâne en utilisant :
 - des connaissances anatomiques (eg australopithèques du même site à Sterkfontein) : Zollikofer et al. 95, Calvin et al. 95
 - des méthodes automatiques (symétrie, cohérence des morceaux entre eux) : Huang et al. 2006
 - l'endocrâne naturel voisin
 - etc.

Correction des déformations taphonomiques¹⁰



- Taphonomie = étude des processus de fossilisation
 - Rupture des os (chute, prédation, effondrement du site, etc.)
 - Altérations (intempéries, réactions chimiques, etc.)
 - Compressions (gravité, mouvement des strates, etc.)
- Correction de ces phénomènes pour retrouver l'anatomie d'origine
- Une méthode standard : calcul d'un plan de symétrie potentiel et « symétrisation » par rapport à ce plan (de León 99, 01)
- D'autres pistes : résoudre les deux problèmes en même temps, prise en compte de l'orientation du fossile par rapport aux strates

Segmentation de l'endocrâne



- A partir d'une image CT :
 - Séparer l'os de reste de la matrice sédimentaire
 - Extraire la surface endocrânienne
- Modèles déformables : long sur des gros volumes (ITK-SNAP)
- Croissance de régions : problèmes en présence de trous dans la surface (Neubauer et al. 04)
- Premiers essais en utilisant des maillages simplex (Montagnat et al.)
- Corrélation entre un endocrâne segmenté en CT et un cerveau segmenté en IRM ?



Morphométrie des endocrânes

- Problèmes spécifiques à l'analyse des endocrânes
 - Absence d'amers anatomiques bien identifiés
 - Quelles méthodes employer ?
- 1ere solution : semi-landmarks (Bookstein 1996)
 - Problème : comment échantillonner la courbe/surface ?
- 2eme solution: plus d'amers du tout (eg TPS-RPM, papiers par Rangarajan et al.)
 - Problème : les amers ne sont plus anatomiques



Agenda

- 10h15 Présentation de l'ARC et retour sur la pré-réunion du 27/02 a Toulouse (Sylvain)
- 11h15 Fossiles sud-africains (José)
- 12h00 Repas (Le Malakoff)
- 14h00 Données chimpanzés/bonobos (Emmanuel/Antoine)
- 14h30 Segmentation des données CT (Gérard/Gilles)
- 15h00 Quantification des asymétries - recalage non-linéaire sur des surfaces (Sylvain/Benoît)
- 15h30 Construction d'atlas - anatomie numérique sur des surfaces (Xavier/Stanley)
- 16h00 Discussion finale (postdoc, workshop AAPA, stages)
- 16h30 Chapelle-aux-Saints
- 17h00 Fin



A discuter

- Stages d'été : Mathieu Biston & Ronan Le Tiec
- Post-doc à recruter avant fin 2009
- Stages de master 2010
- Vacation Toulouse 2009-2010
- Workshop AAPA 2010
- ...



Données : *A. africanus*



Données : *P. robustus*

SK 48



TM1517a



TM1517b



http://3dmorphine.inria.fr

The screenshot shows the homepage of the 3D Morphine website. The page has a light blue background. At the top right, the title "3D Morphine" is displayed in a large, bold, black font. Below the title is a horizontal navigation menu with the following items: Home, Presentation, Members, Publications, Documents, Softwares, Links, and Private. A breadcrumb trail "Trace: » home" is visible in a light green bar. The main content area is white and contains the heading "ARC INRIA 3D Morphine" followed by a horizontal line. Below this, the text "lhoszrltoiu" is displayed. A status bar indicates "Logged in as: Sylvain Prima (sprima)" on the left and "home.txt · Last modified: 2009/05/07 10:08 by aabadie · [Old revisions]" on the right. At the bottom of the main content area, there are several buttons: "Edit this page", "Admin", "Update Profile", "Logout", and a search box with a "Search" button. Below these buttons is a small "RSS XML FEED" button.

