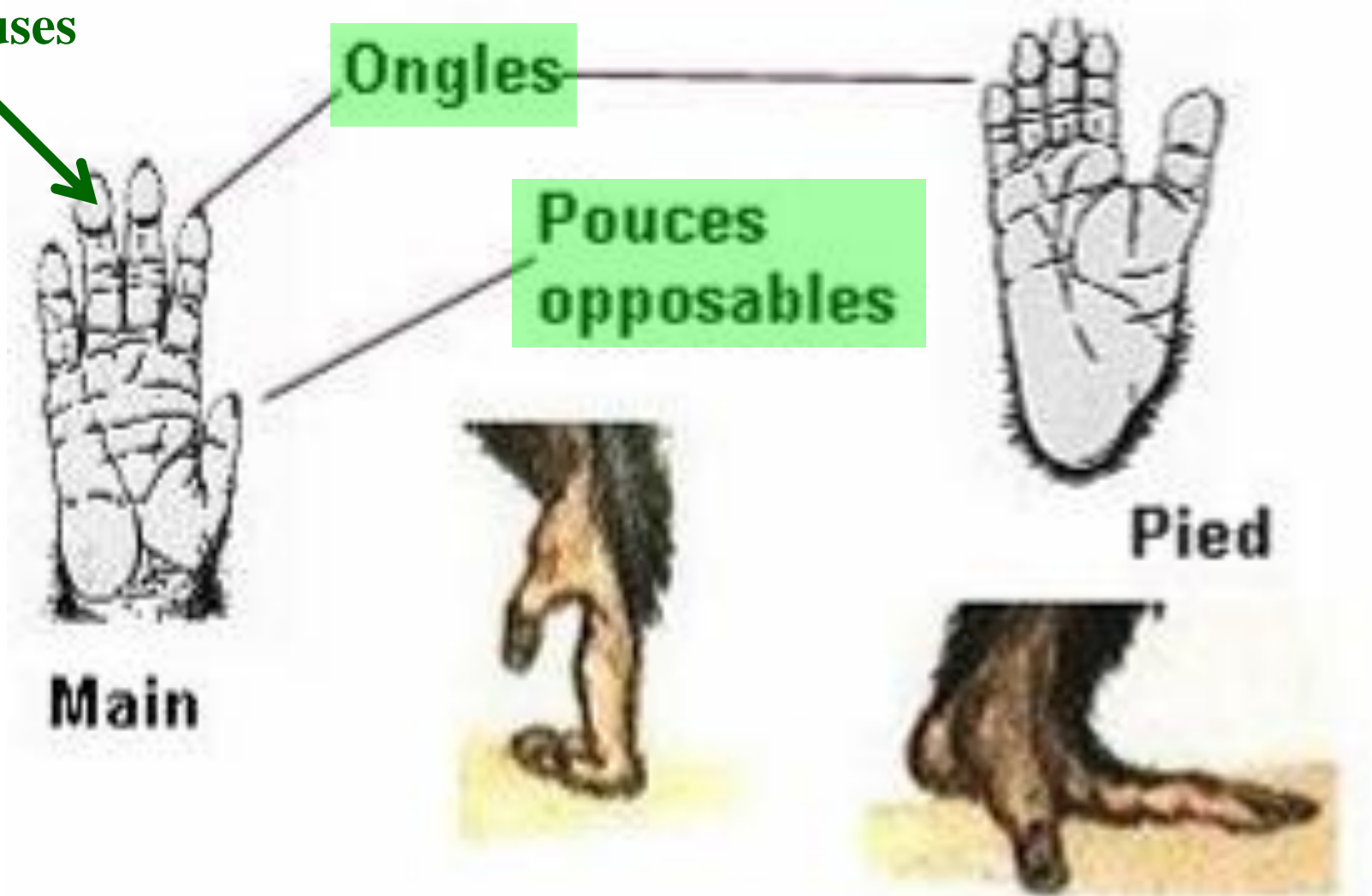


# **Chapitre 4. Un regard sur l'évolution de l'Homme**

## **I. La place de l'Homme dans la dynamique évolutive des primates.**

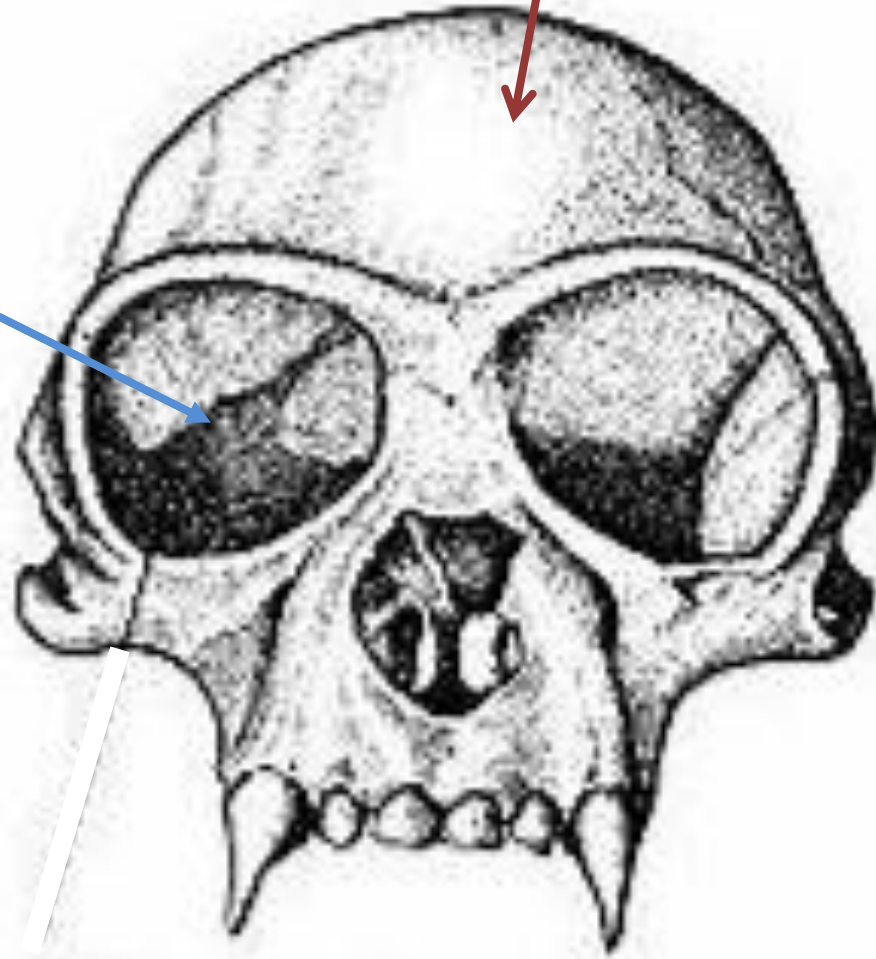
# Caractéristiques des primates

**Nombreuses terminaisons  
nerveuses**



# Caractéristiques des primates

cortex cérébral développé



Grande orbite  
+ cortex visuel  
développé

# Plus anciens fossiles de primates

Les premiers primates ont dû apparaitre entre  
– 65 à – 50 Ma.

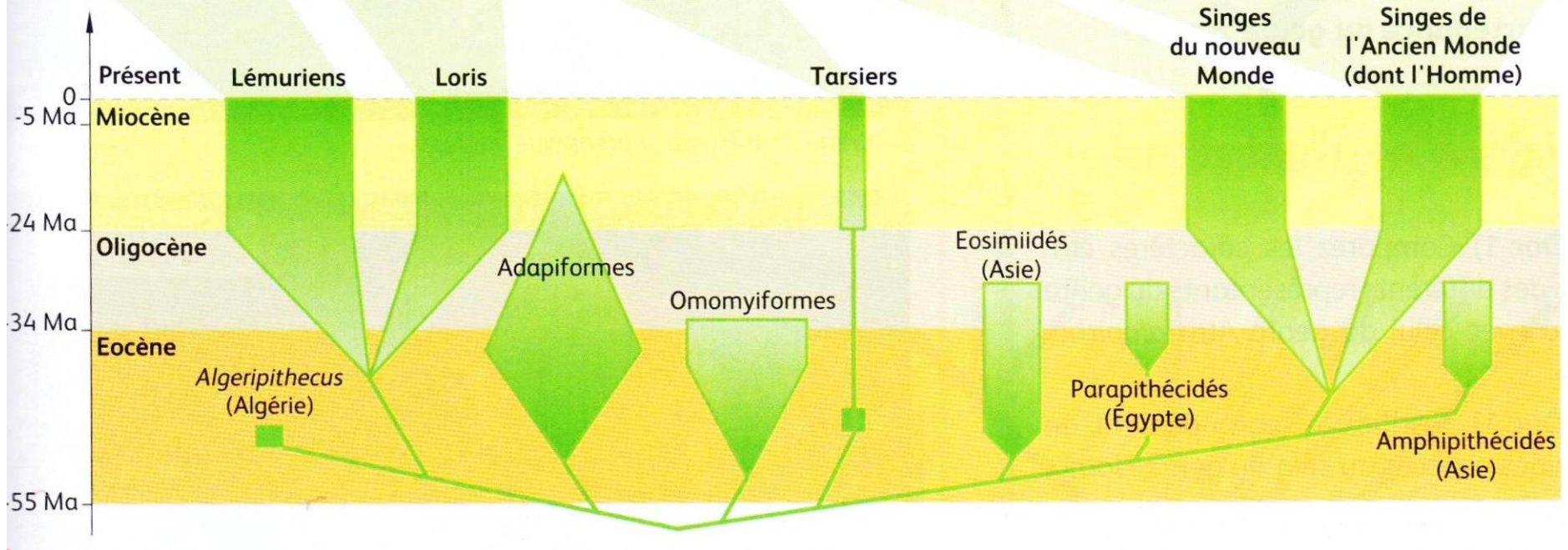


**Darwinius masillae - 47 Ma**



**Algeripithecus - 50 Ma**

# Les primates, un groupe très diversifié dans le passé



# Chapitre 3. Un regard sur l'évolution de l'Homme

## I. La place de l'Homme dans la dynamique évolutive des primates.

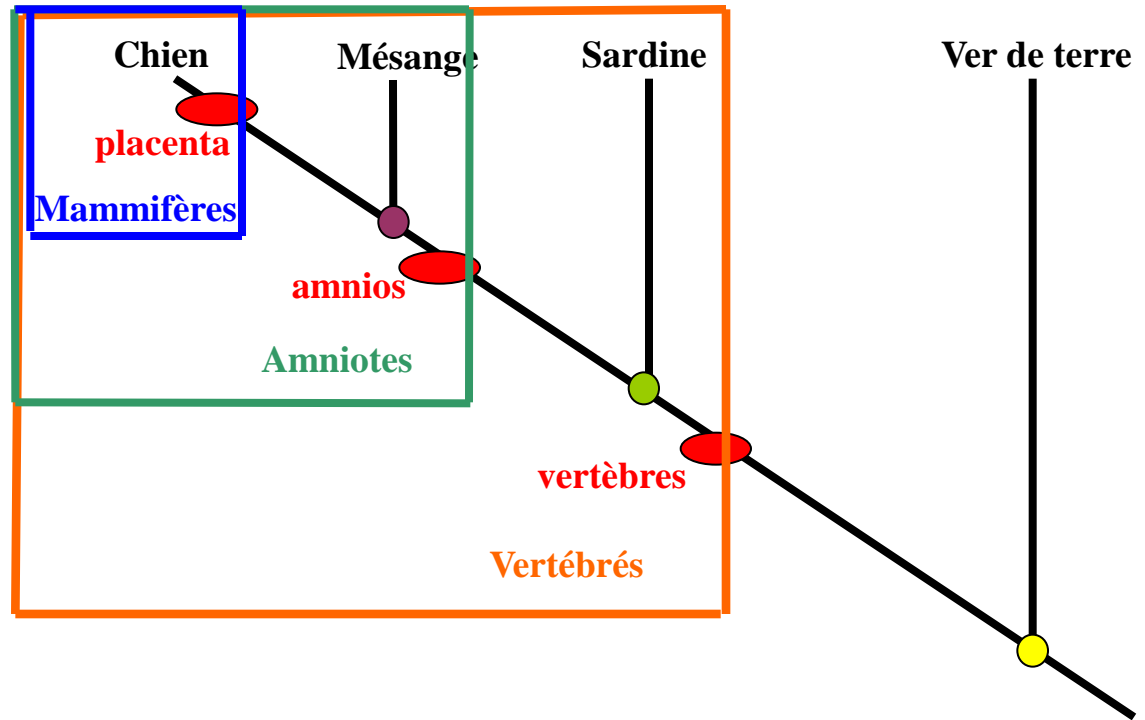
### A. Reconstituer une histoire évolutive.

**En comparant des caractères  
morphologiques et anatomiques chez  
différentes espèces**

# Reconstituer une histoire évolutive = phylogénie

Taxons--	caractères		
	vertèbres	amnios	placenta
Chien	1	1	1
Mésange	1	1	0
Sardine	1	0	0
ver de terre	0	0	0

0 : état ancestral (ou primitif)  
1 : état dérivé = innovation



Innovations évolutives

Ancêtre commun au chien et à la mésange

Ancêtre commun au chien, à la mésange et à la sardine

Ancêtre commun au chien, à la mésange et à la sardine et au ver de terre



**Parenté la plus lointaine**



**Peu de caractères  
dérivés partagés**

**Parenté la plus étroite**

**De nombreux caractères  
dérivés partagés**



**En comparant des séquences de  
nucléotides de gènes ou des séquences  
d'acides aminés de protéines**

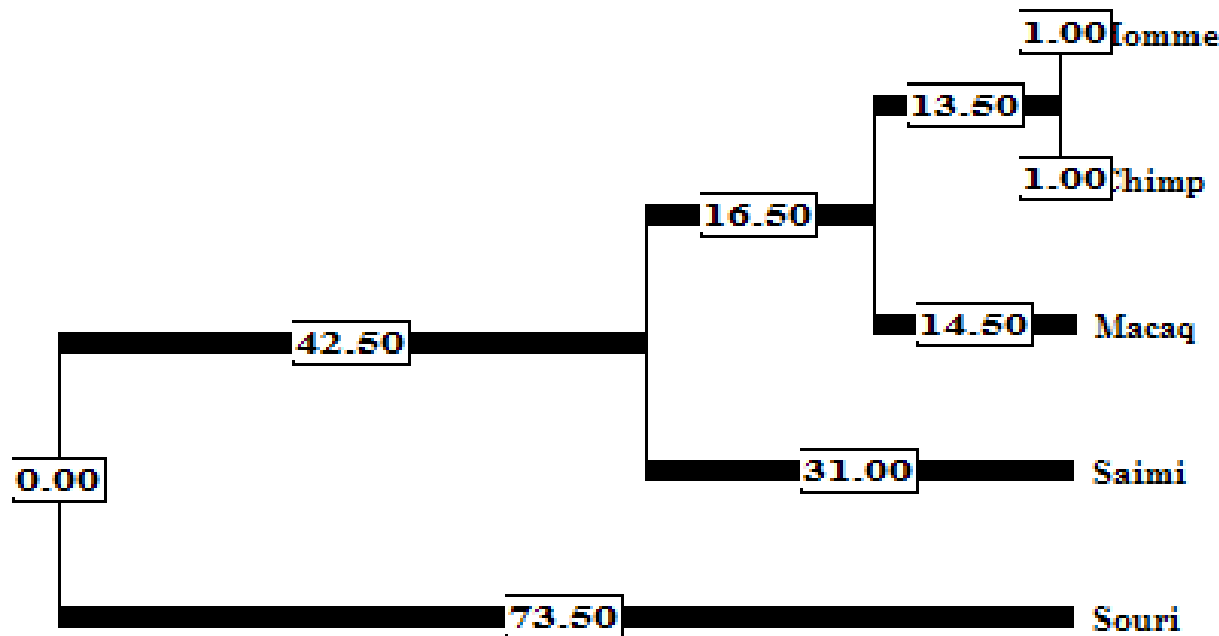
# Comparaison des séquences de nucléotides du gène de l'opsine bleue chez différents vertébrés

					5					10					15					20					25					30					35					40					45					50					55
Homme	A	T	G	A	G	A	A	A	A	A	T	G	T	C	G	G	A	G	G	A	A	G	A	G	-	-	-	T	T	T	T	A	T	C	T	G	T	T	C	A	A	A	A	A	T	A	T	C	T	C	T	T	C	A	G
Macaq	A	T	G	A	G	A	A	A	G	A	T	G	T	C	A	G	A	G	G	A	A	G	A	G	G	A	A	T	T	T	T	A	T	C	T	G	T	T	C	A	A	A	A	A	T	A	T	C	T	C	T	T	C	A	G
Chimp	A	T	G	A	G	A	A	A	A	A	T	G	T	C	A	G	A	G	G	A	A	G	A	G	-	-	-	T	T	T	T	A	T	C	T	G	T	T	C	A	A	A	A	A	T	A	T	C	T	C	T	T	C	A	G
Saimi	A	T	G	A	G	C	A	A	G	A	T	G	C	C	A	G	A	G	G	A	A	G	A	G	G	A	G	T	T	T	T	A	T	C	T	G	T	T	C	A	A	G	A	A	C	A	T	C	T	C	C	T	C	G	G
Souri	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A	T	G	T	C	A	G	G	A	G	A	G	G	A	T	G	A	C	T	T	T	T	A	C	C	T	G	T	T	T	C	A	G	A	A	T	A	T	C	T	C	T	T	C	G	G

	Homme	Macaq	Chimp	Saimi	Souri
Homme	0	29	2	64	138
Macaq		0	29	61	145
Chimp			0	62	138
Saimi				0	152
Souri					0

Nombre de différences

Demi matrice des distance



Arbre phylogénétique

# Chapitre 3. Un regard sur l'évolution de l'Homme

## I. La place de l'Homme dans la dynamique évolutive des primates.

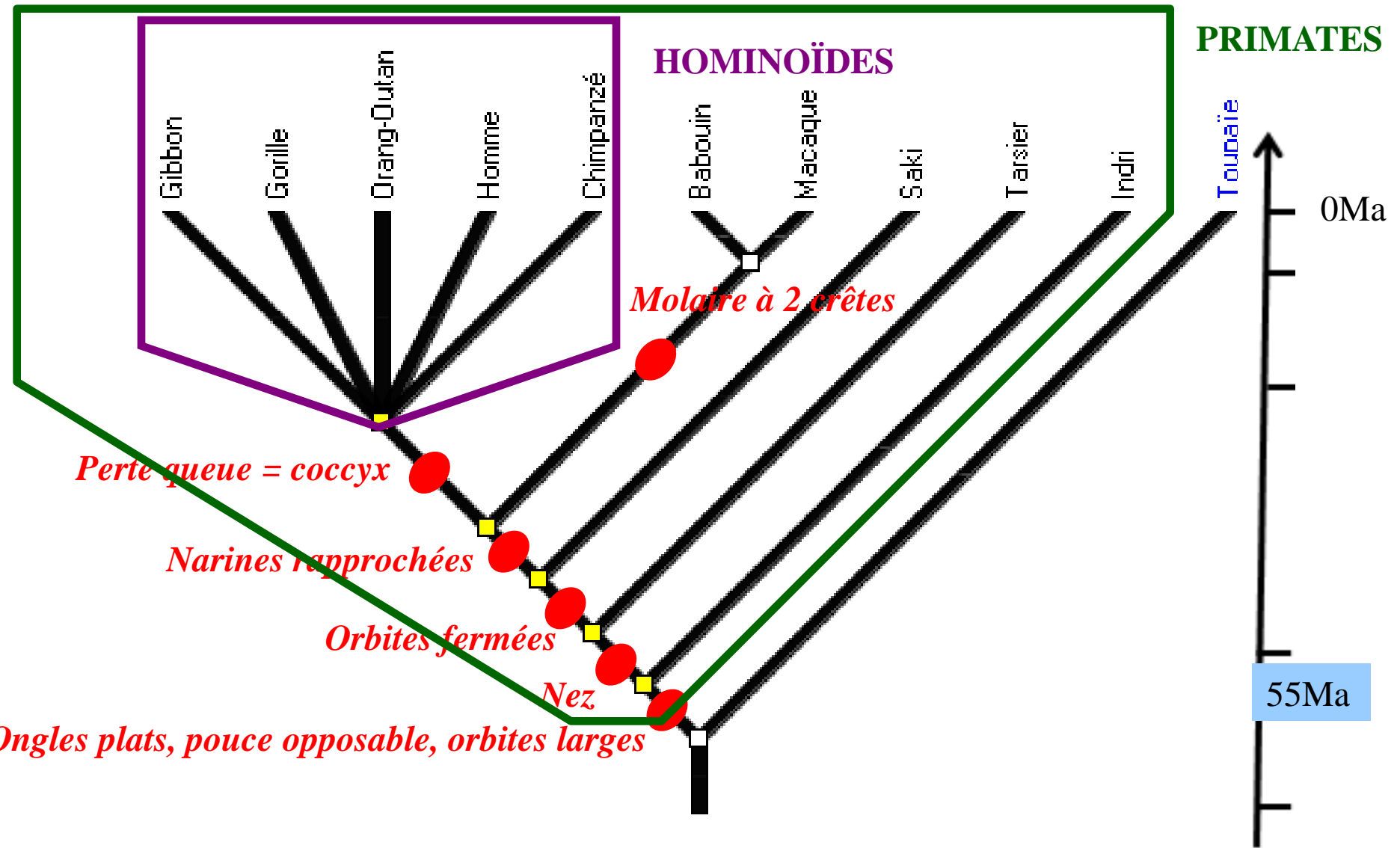
### A. Reconstituer une histoire évolutive.

### B. La place de l'Homme parmi les primates.

# Place de l'Homme parmi les primates : matrice de caractères

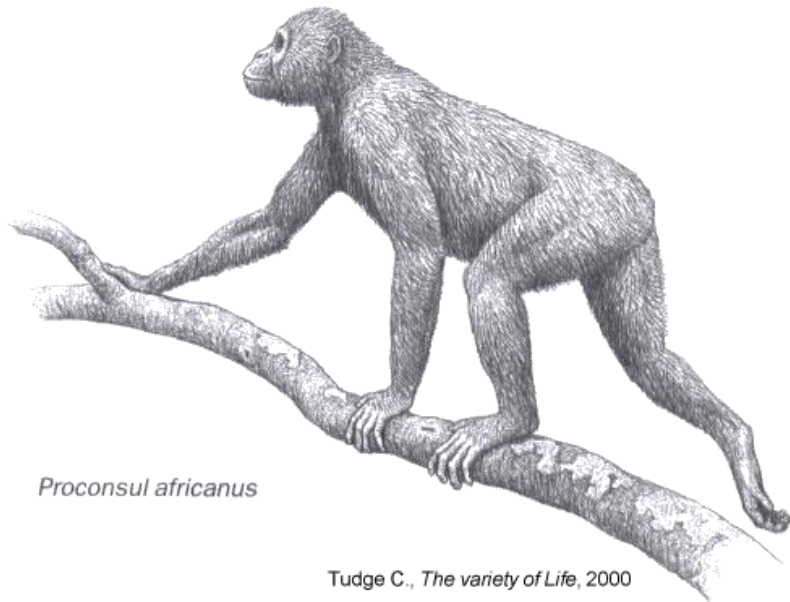
	Terminaisons des doigts	Pouce	Appendice nasal	Orbites	Narines	Queue
Chimpanzé	Ongles	Opposable	Nez	Fermées	Rapprochées	Absente
Gibbon	Ongles	Opposable	Nez	Fermées	Rapprochées	Absente
Gorille	Ongles	Opposable	Nez	Fermées	Rapprochées	Absente
Homme	Ongles	Opposable	Nez	Fermées	Rapprochées	Absente
Orang-Outan	Ongles	Opposable	Nez	Fermées	Rapprochées	Absente
Macaque	Ongles	Opposable	Nez	Fermées	Rapprochées	Présente
Babouin	Ongles	Opposable	Nez	Fermées	Rapprochées	Présente
Saki	Ongles	Opposable	Nez	Fermées	Ecartées	Présente
Tarsier	Ongles	Opposable	Nez	Ouvertes	Ecartées	Présente
Indri	Ongles	Opposable	Truffe	Ouvertes	Ecartées	Présente
Toupaïe	Griffes	Non opposable	Truffe	Ouvertes	Ecartées	Présente

# Arbre phylogénétique obtenu à partir de caractères anatomiques

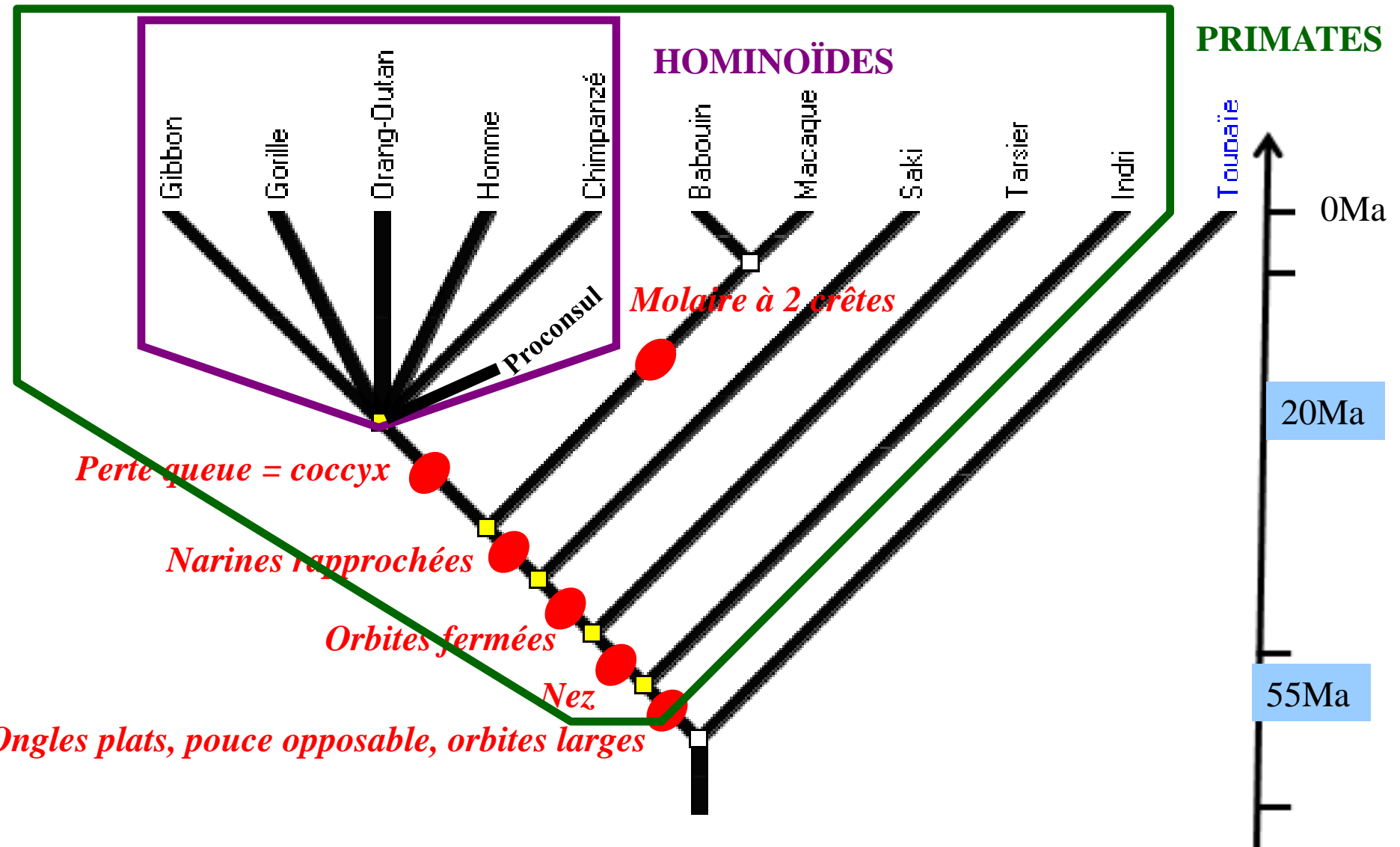


# Les premiers grands primates

## Fossile de *Proconsul africanus* -18 Ma



# Arbre phylogénétique obtenu à partir de caractères anatomiques





# De nombreuses espèces de grands primates sont aujourd'hui menacées d'extinction



Homme

# Utilisation de données moléculaires pour préciser la place de l'homme parmi les hominoïdes

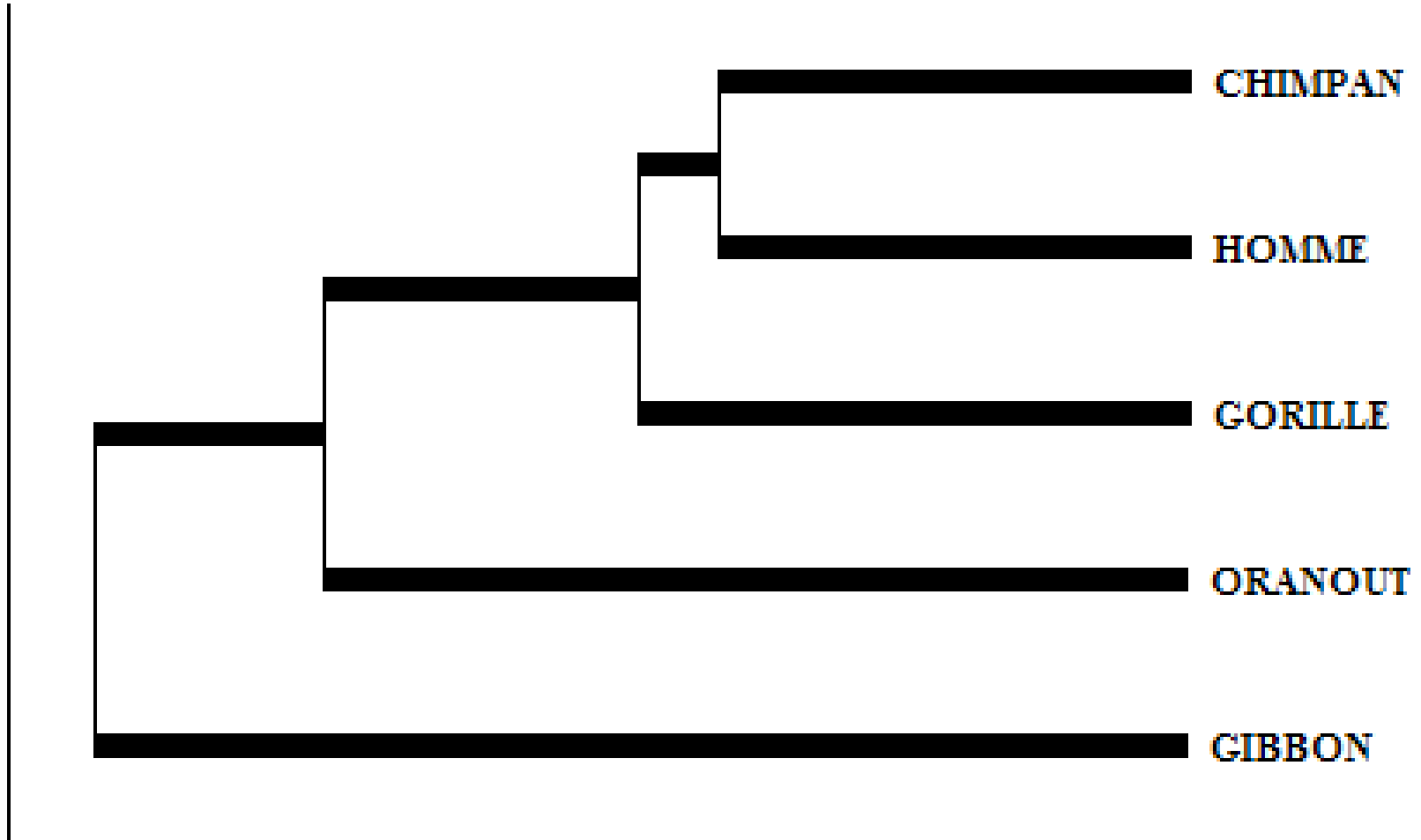
Comparaison de la séquence d'acides aminés d'une enzyme : la cycloxydase

				5				10				15				20				25				30				35				40										
GORILLE	M	A	H	A	A	Q	V	G	L	Q	D	A	T	S	P	I	M	E	E	L	I	T	F	H	D	H	A	L	M	I	I	F	L	I	C	F	L	V	L	Y	A	L
ORANOUT	M	A	H	R	A	Q	V	G	L	Q	D	A	T	S	P	I	M	E	E	L	V	I	F	H	D	H	A	L	M	I	I	F	L	I	C	F	L	V	L	Y	A	L
GIBBON	M	A	H	A	T	Q	V	G	L	Q	D	A	T	S	P	I	M	E	E	L	I	S	F	H	D	H	A	L	M	I	I	F	L	I	S	F	L	V	L	Y	A	L
MACAQUE	M	A	H	P	V	Q	L	S	L	Q	D	A	T	S	P	V	M	E	E	L	I	T	F	H	D	H	A	F	M	A	M	S	L	I	S	F	L	V	L	Y	A	L
CEBUS_ALBIFRONS	M	A	T	P	A	Q	L	G	L	Q	N	A	T	S	P	I	M	E	E	L	I	A	F	H	D	H	T	L	M	I	I	F	L	I	S	S	L	V	L	Y	I	I
ATELES	M	A	H	P	A	Q	L	G	L	Q	N	A	T	S	P	I	M	E	E	L	I	A	F	H	D	H	T	L	M	I	I	F	L	I	S	S	L	V	L	Y	I	I
ALOUATTA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	N	A	T	S	P	I	M	E	E	L	I	A	F	H	D	H	A	L	M	I	I	F	L	I	S	S	L	V	L	Y	V	I	

# Utilisation de données moléculaires pour préciser la place de l'homme parmi les hominoïdes

	CHIMPAN	HOMME	GORILLE	ORANOUT	GIBBON
CHIMPAN	0	6	7	12	14
HOMME		0	7	14	13
GORILLE			0	9	14
ORANOUT				0	14
GIBBON					0

# Utilisation de données moléculaires pour préciser la place de l'homme parmi les hominoïdes



# Confirmation avec l'utilisation d'autres molécules

Comparaison avec alignement

0 10 20 30 40 50 60 70

▲

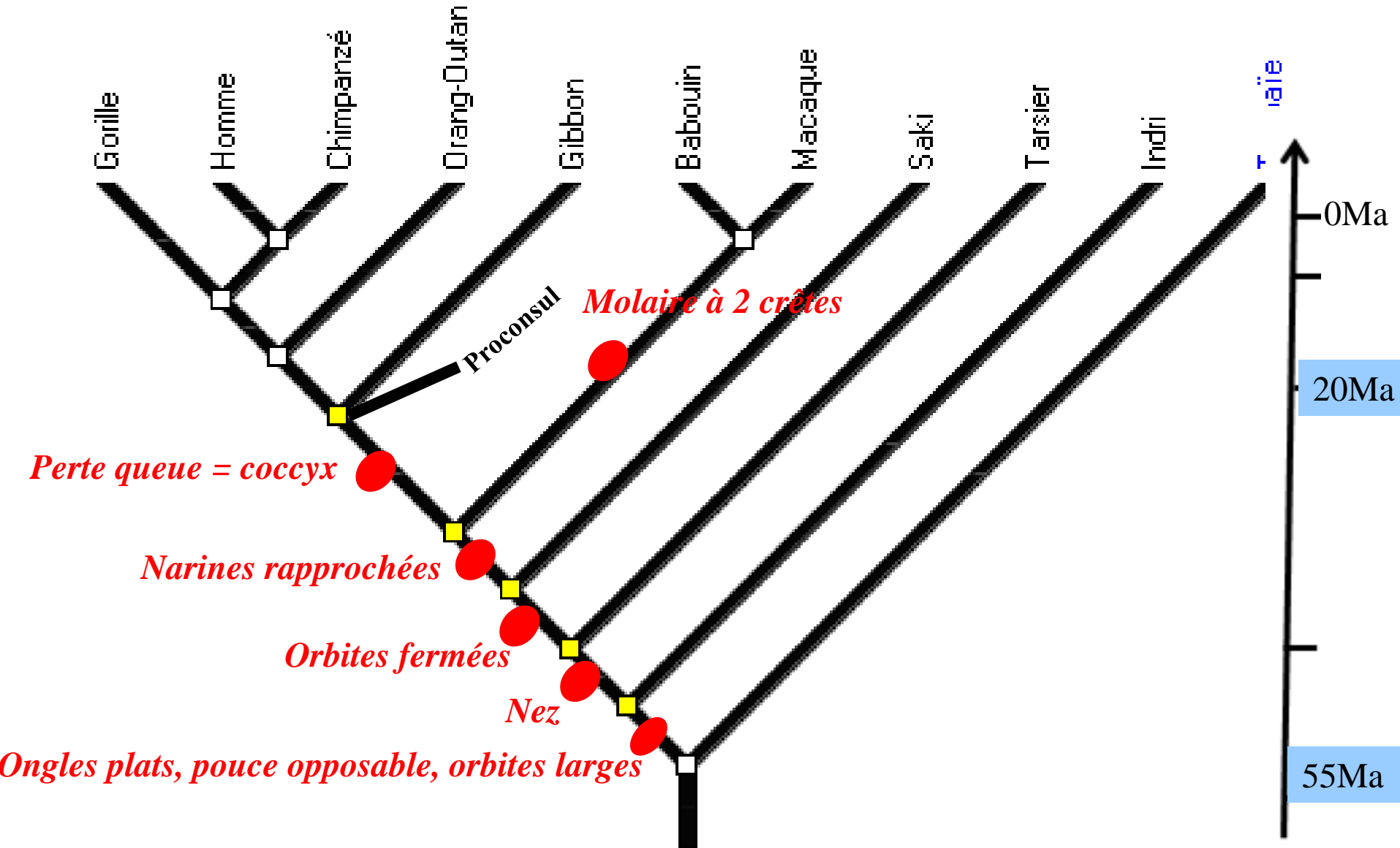
Traitement		0	Alignement multiple de séquences d'ADN
Identités		0	* *
NAD_Homme		0	ATAACCATGCACACTACTATAACCACCCTAACCCCTGACTTCCTAATTCCTCCATCCTTACCACCCTCGTTAAC
NAD_Chimpanzé		0	-----T-T-----C-----T-----A--C--T-----T-----C-----A-----
NAD_Gorille		0	----T--T--G--C-----T--G--A--GT-----T-----T--A-C--
NAD_Gibbon		0	--G-A--T--C--C--G--TT--G--A--C-----TACAG-----TA-----
NAD_Orang-outar		0	-C-G---TTT--C--C--TG---C--T-A-----C-----TACCG-T---A---

▼ Sélection : 7/7 lignes

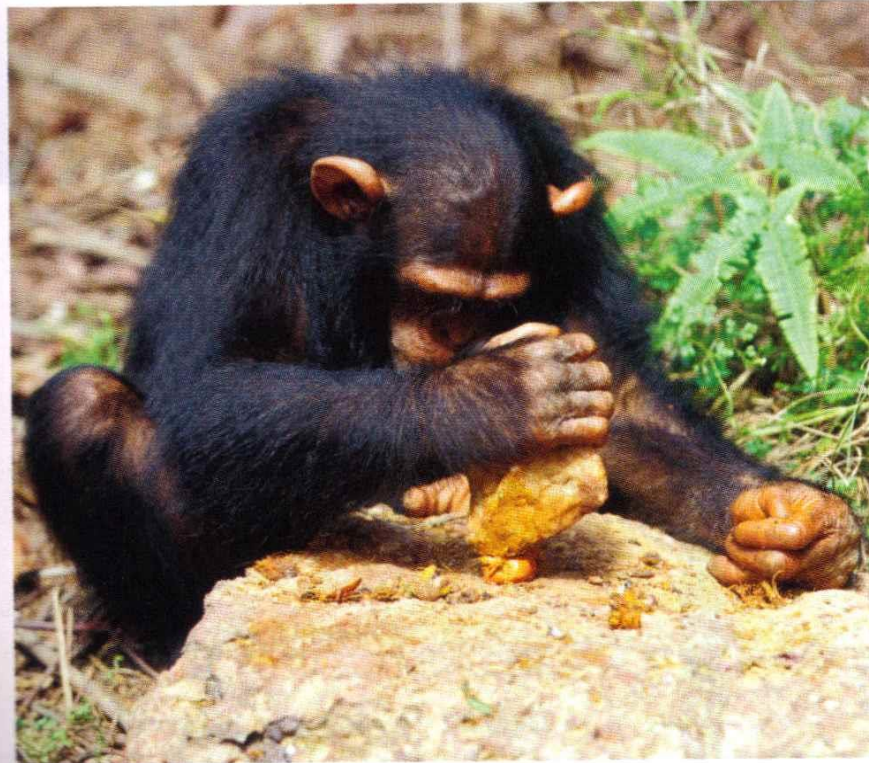
	Chimpanzé	Gorille	Gibbon	Orang-outang
Pourcentage de ressemblance avec la séquence du gène de la NAD humaine	89 %	86,5 %	75,5 %	75,9 %

Tableau quantifiant les ressemblances entre la séquence de nucléotides du gène de la NAD de différentes espèces de primates et la séquence de nucléotides du gène de la NAD humaine

# Histoire évolutive des primates



# L'Homme et le Chimpanzé partagent un ancêtre commun récent

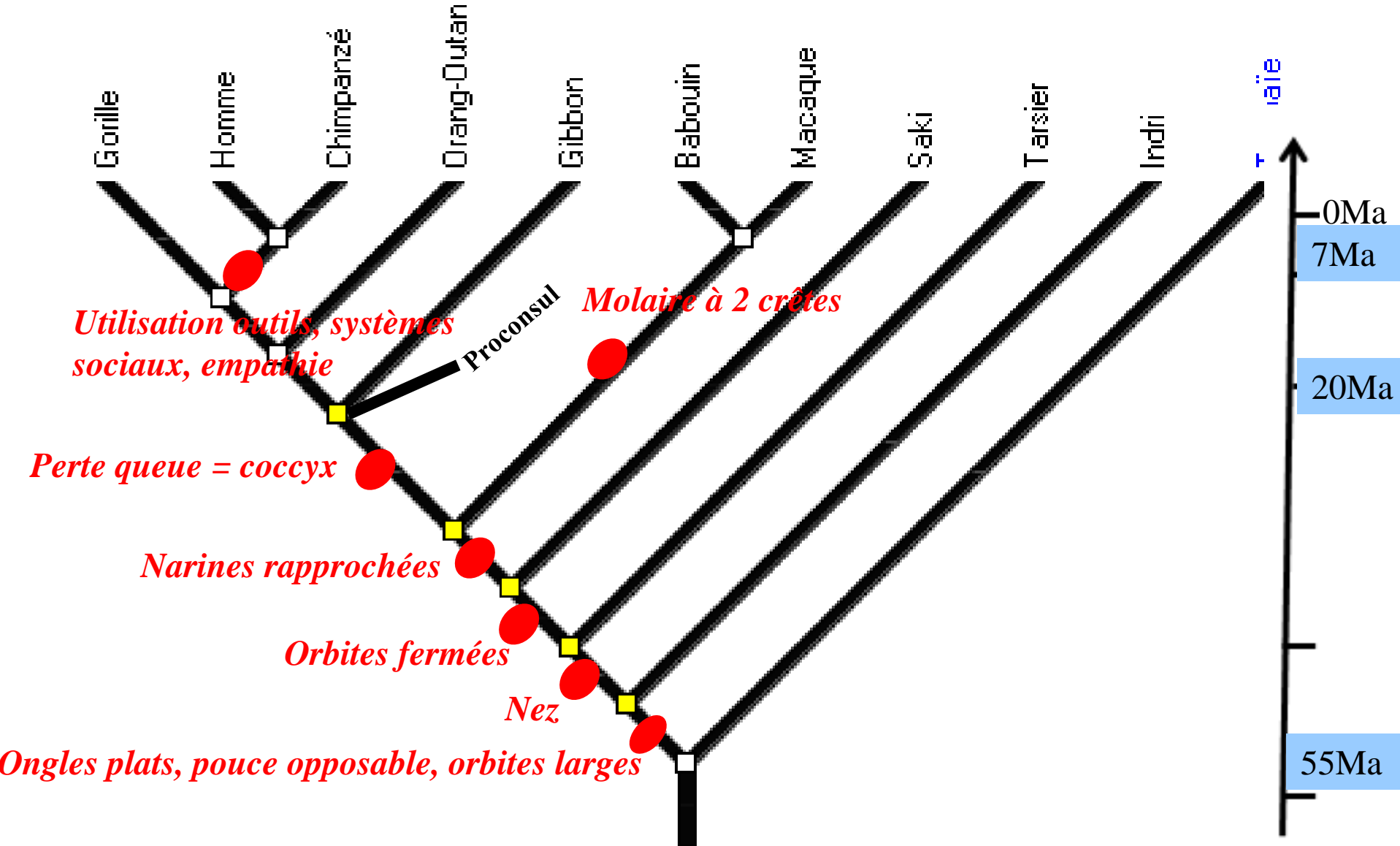


Casser une noix entre deux pierres, l'une servant de marteau et l'autre d'enclume, suppose la mise en relation de trois objets. Cette utilisation d'outils, la plus complexe connue naturellement à ce jour chez les animaux, se rencontre chez les chimpanzés.

« Si l'on fait le bilan de ce que l'on a observé depuis 30 ans chez les chimpanzés, on s'aperçoit que tout ce que l'on avait cru voir se manifester en termes d'adaptation uniquement chez les hommes c'est-à-dire la bipédie, l'outil, la chasse, le partage de la nourriture, la sexualité, les systèmes sociaux, le rire, la conscience, l'empathie, la sympathie, les chimpanzés le font aussi. Donc, soit ils ont tout acquis indépendamment, soit cela vient du dernier ancêtre commun, ce qui est plus plausible. Cela veut dire que déjà dans le monde des forêts, il y a 6 à 7 millions d'années, toutes ces caractéristiques que l'on a cru propres à l'Homme existaient et font partie d'un bagage ancestral commun ».

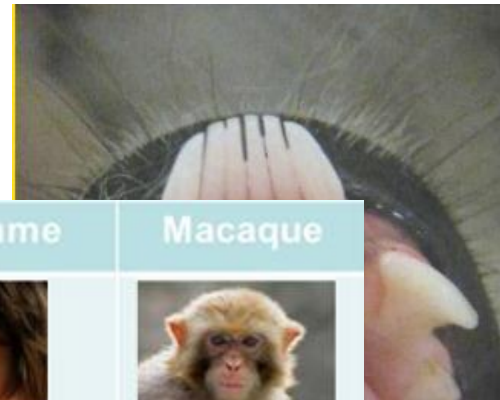
Pascal Picq (*Entretien RFI*).

# Histoire évolutive des primates





# Place du fossile *Darwinius Masillae*



	Babouin	Chimpanzé	Indri	Homme	Macaque
					
Molaires à 2 crêtes	oui	non	non	non	oui
Peigne dentaire	non	non	oui	non	non
Pouce	Opposable	Opposable	Opposable	Opposable	Opposable
Queue ou coccyx	Queue	Coccyx	Queue	Coccyx	Queue
Truffe ou nez	Nez	Nez	Truffe	Nez	Nez

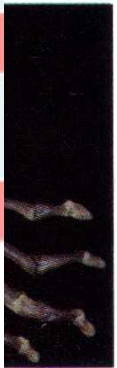
 **État dérivé**

qu'Ida appartient à un rameau du groupe des primates, aujourd'hui éteint, partageant certains caractères avec les lémuriens (incisives constituant un « **peigne dentaire** »).

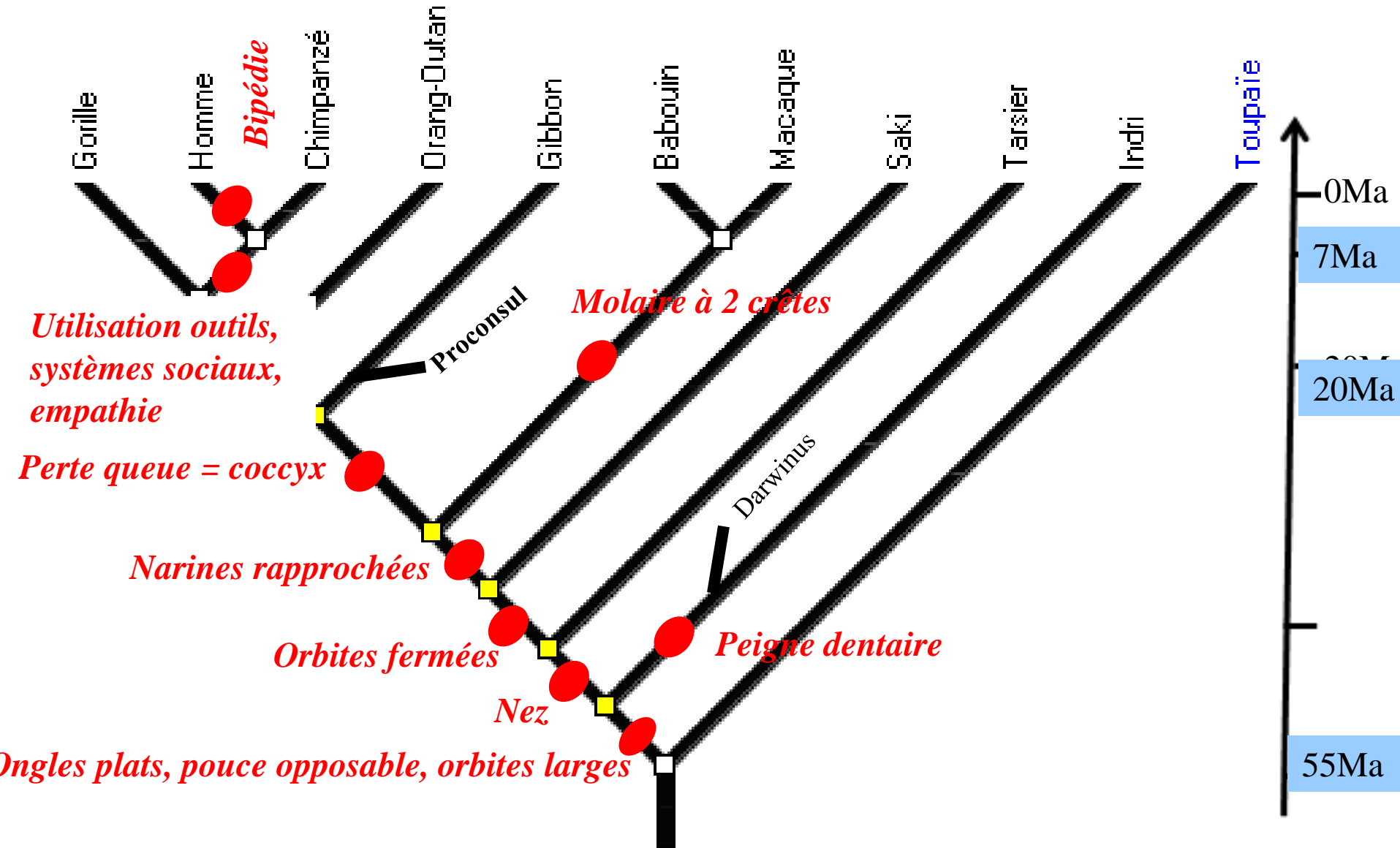
La radiographie du pied de *Darwinius masillae* révèle le caractère opposable du premier orteil et l'absence de griffe.



ossiles :  
rtenant  
années).  
appelé  
ert dans



# Histoire évolutive des primates



# Place du fossile *Darwinius Masillae*

*Darwinius* -47 Ma



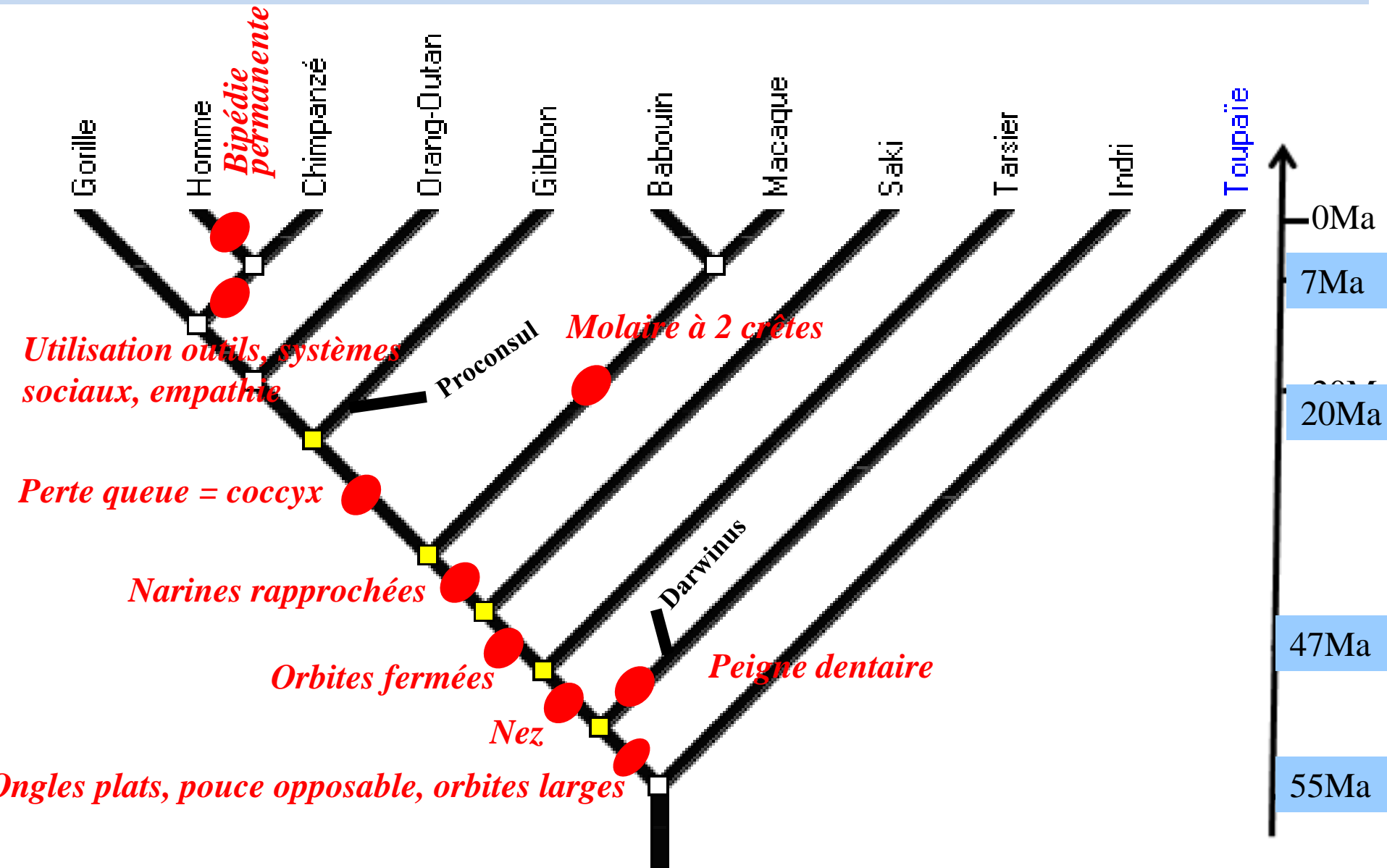
Plusieurs centaines de primates ne sont connues que par l'existence de fossiles : ce sont des espèces aujourd'hui disparues. Les plus anciens fossiles appartenant indiscutablement au groupe des primates datent de – 55 Ma (millions d'années). La photographie **a** présente *Darwinius masillae*, plus communément appelé Ida, un fossile remarquablement conservé (95 % du squelette), découvert dans le site fossilifère de Messel, près de Francfort en Allemagne et daté de – 47 Ma.

L'étude du squelette montre qu'Ida était une femelle arboricole, mesurant environ 1 m (longue queue comprise) et pesant 700 à 900 g. L'exceptionnelle conservation de ce fossile permet de voir des traces de fourrure et l'empreinte du tube digestif contenant le dernier repas (fruits, graines, feuilles). Une étude approfondie montre qu'Ida appartient à un rameau du groupe des primates, aujourd'hui éteint, partageant certains caractères avec les lémuriens (incisives constituant un « **peigne dentaire** »).



La radiographie du pied de *Darwinius masillae* révèle le caractère opposable du premier orteil et l'absence de griffe.

# Histoire évolutive des primates



# Chapitre 3. Un regard sur l'évolution de l'Homme

## I. La place de l'Homme dans la dynamique évolutive des primates.

A. Reconstituer une histoire évolutive.

B. La place de l'Homme parmi les primates.

C. Dynamique évolutive au sein du rameau humain.

# L'Homme et le Chimpanzé partagent un ancêtre commun récent



**Rameau humain**



# Chapitre 3. Un regard sur l'évolution de l'Homme

## I. La place de l'Homme dans la dynamique évolutive des primates.

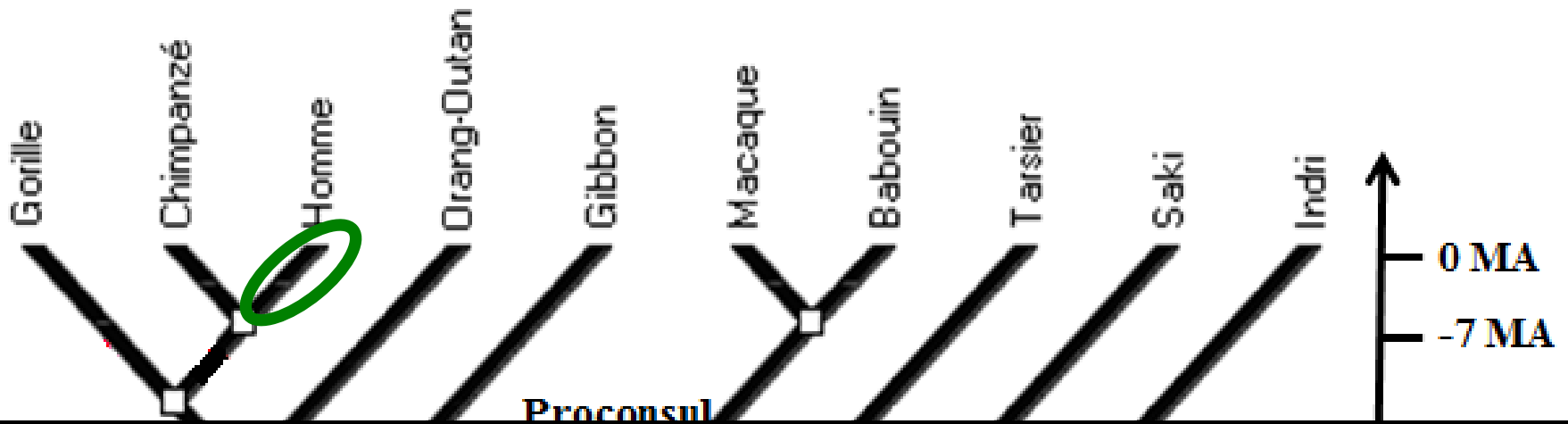
### A. Reconstituer une histoire évolutive.

### B. La place de l'Homme parmi les primates.

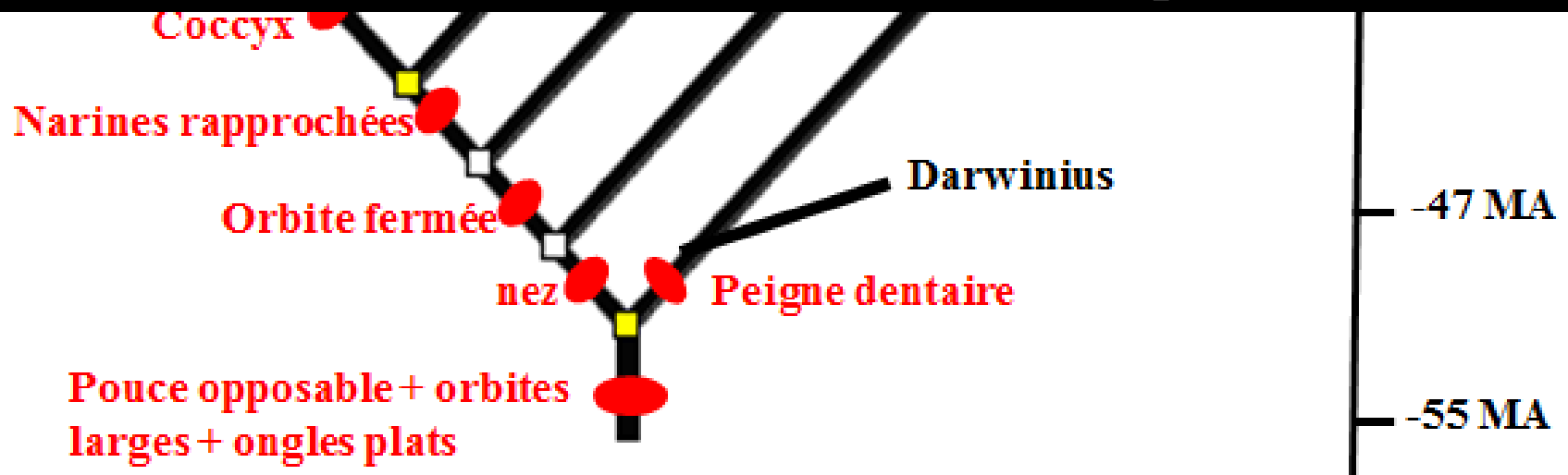
### C. Dynamique évolutive au sein du rameau humain.

#### 1. Les caractères dérivés propres à l'Homme

# Intérêt de la comparaison Homme / Chimpanzé



Les caractères que possède l'Homme mais pas le chimpanzé sont forcément apparus sur le « rameau Humain » après le dernier ancêtre commun à l'Homme et au Chimpanzé





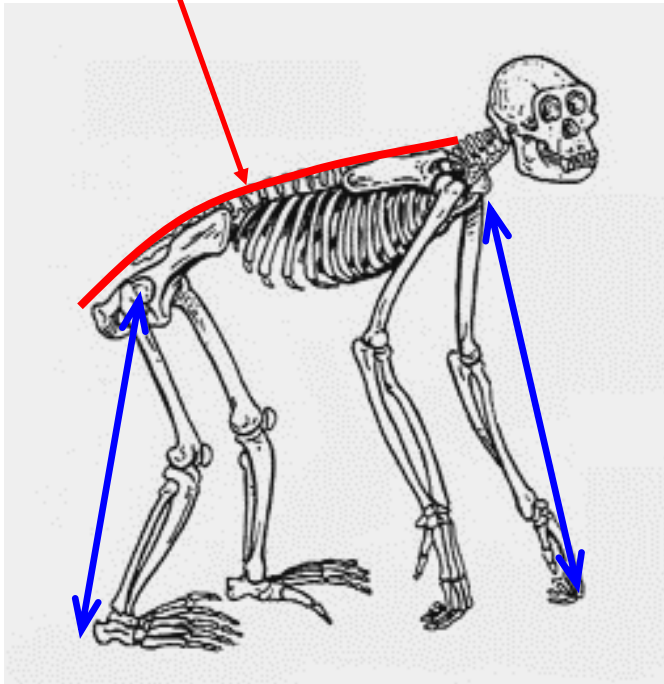
# **Caractères liés à la bipédie permanente**

# La colonne vertébrale

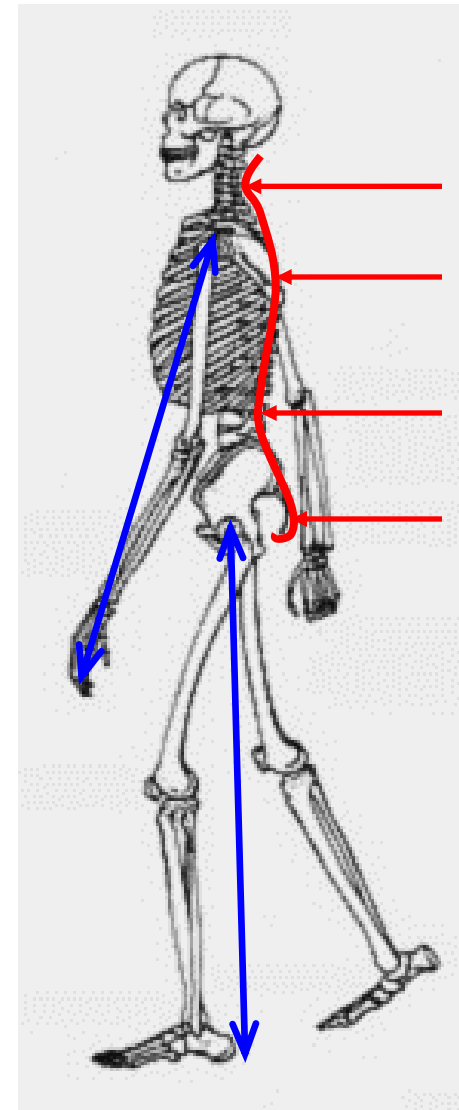
## Les membres

Allongement du membre postérieur par rapport au membre antérieur

Membres supérieurs plus grands que les membres inférieurs  
1 seule courbure



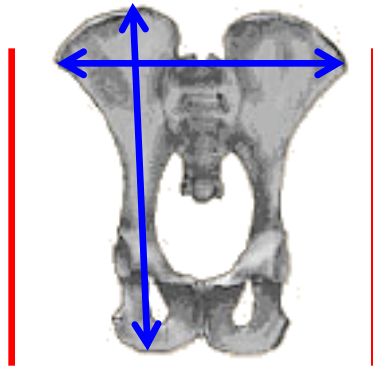
chimpanzé



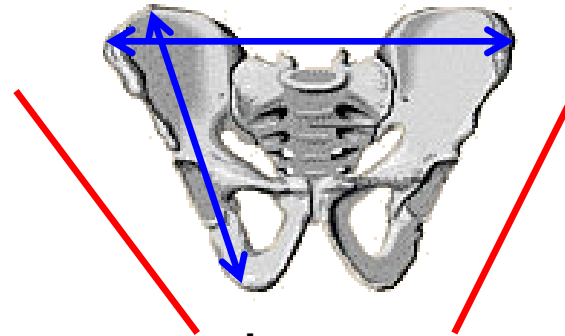
4 courbures

homme

# Le bassin



grand singe

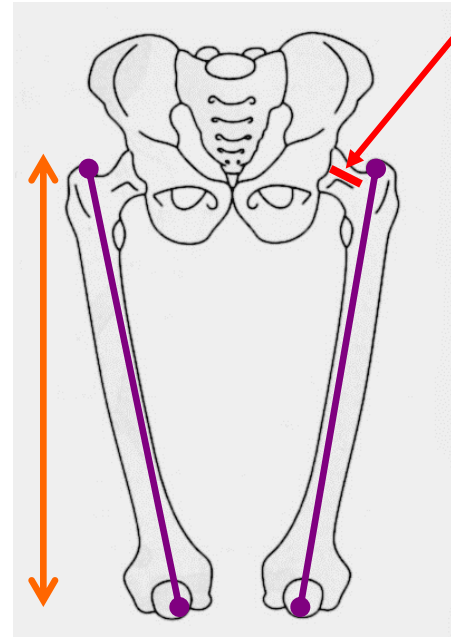
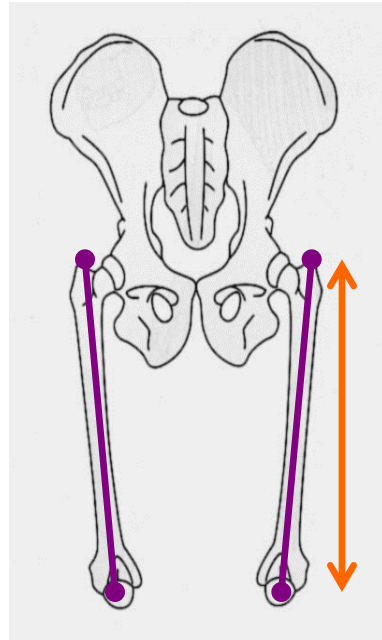


homme

Le bassin de l'homme est :

- court
- large
- évasé (en forme de corbeille)

# Le fémur



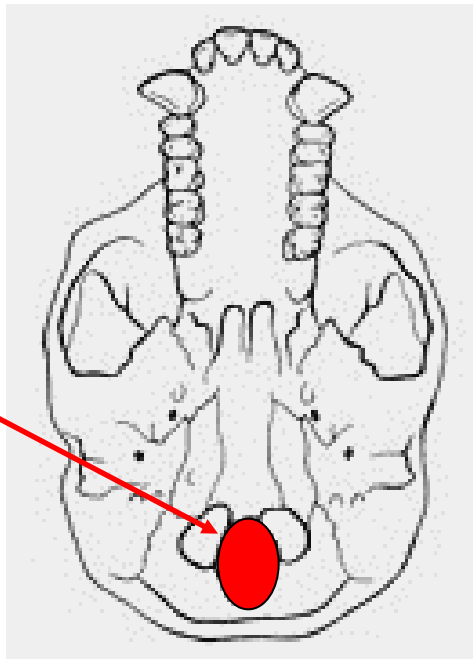
Col du fémur



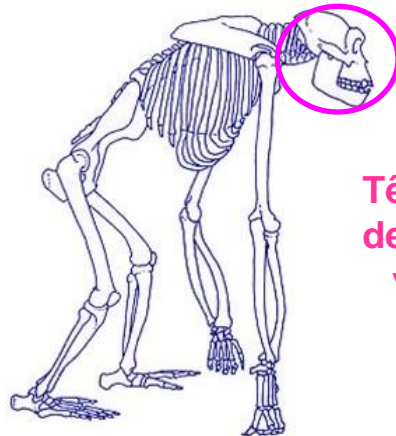
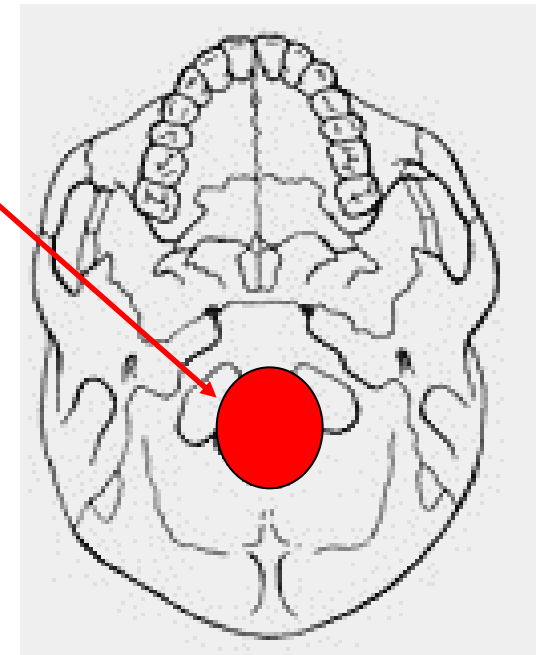
Le fémur est plus long et oblique par rapport à l'axe du corps  
Le col du fémur est plus long

# Trou occipital

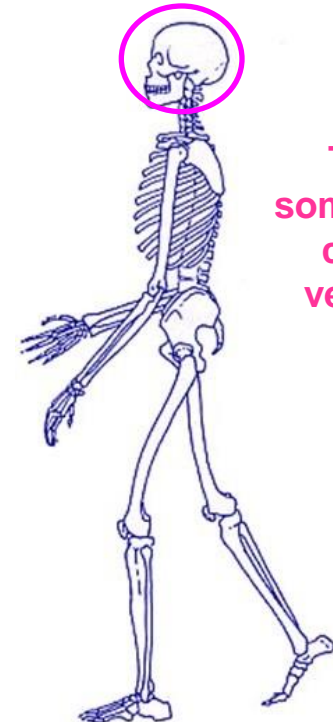
Trou occipital en position reculée



Trou occipital en position avancée



Tête en avant de la colonne vertébrale



Tête au sommet de la colonne vertébrale

# La main

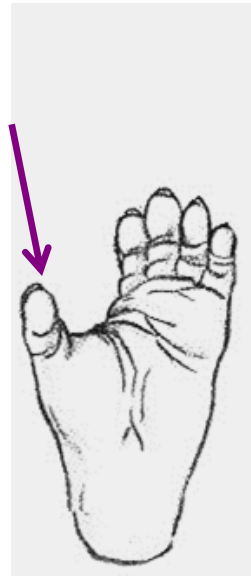
Mouvement du poignet 90 °



Main préhensile (rotation du poignet 180°)

Organe du toucher

# Le pied



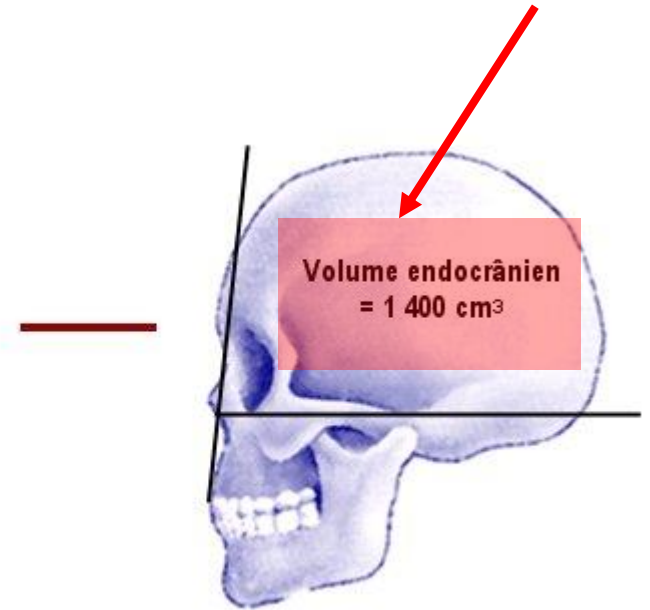
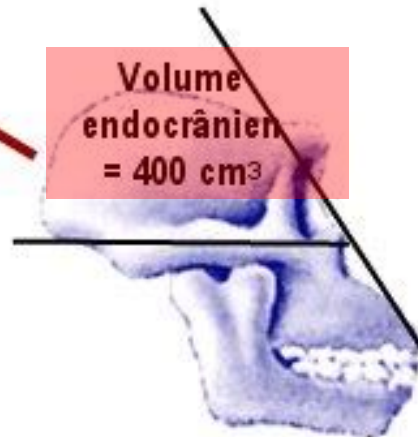
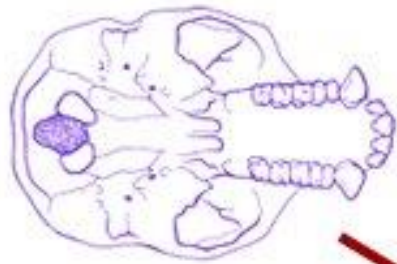
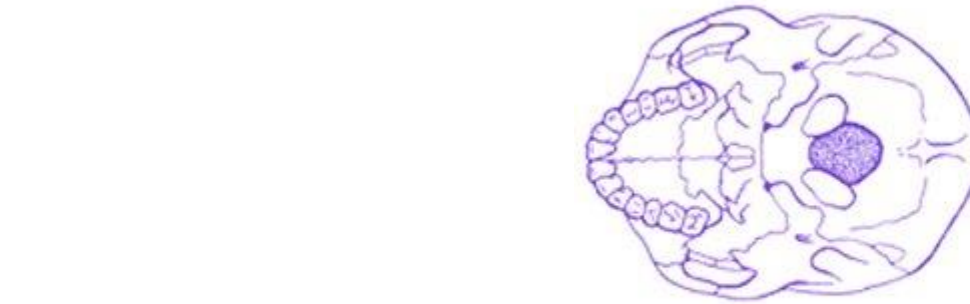
Orteil parallèle aux autres doigts : le pied n'est plus préhensile

Voûte plantaire



# **Caractères spécifiques du crâne et de la mâchoire**

# Le crâne



Région crânienne développée vers le haut et l'arrière

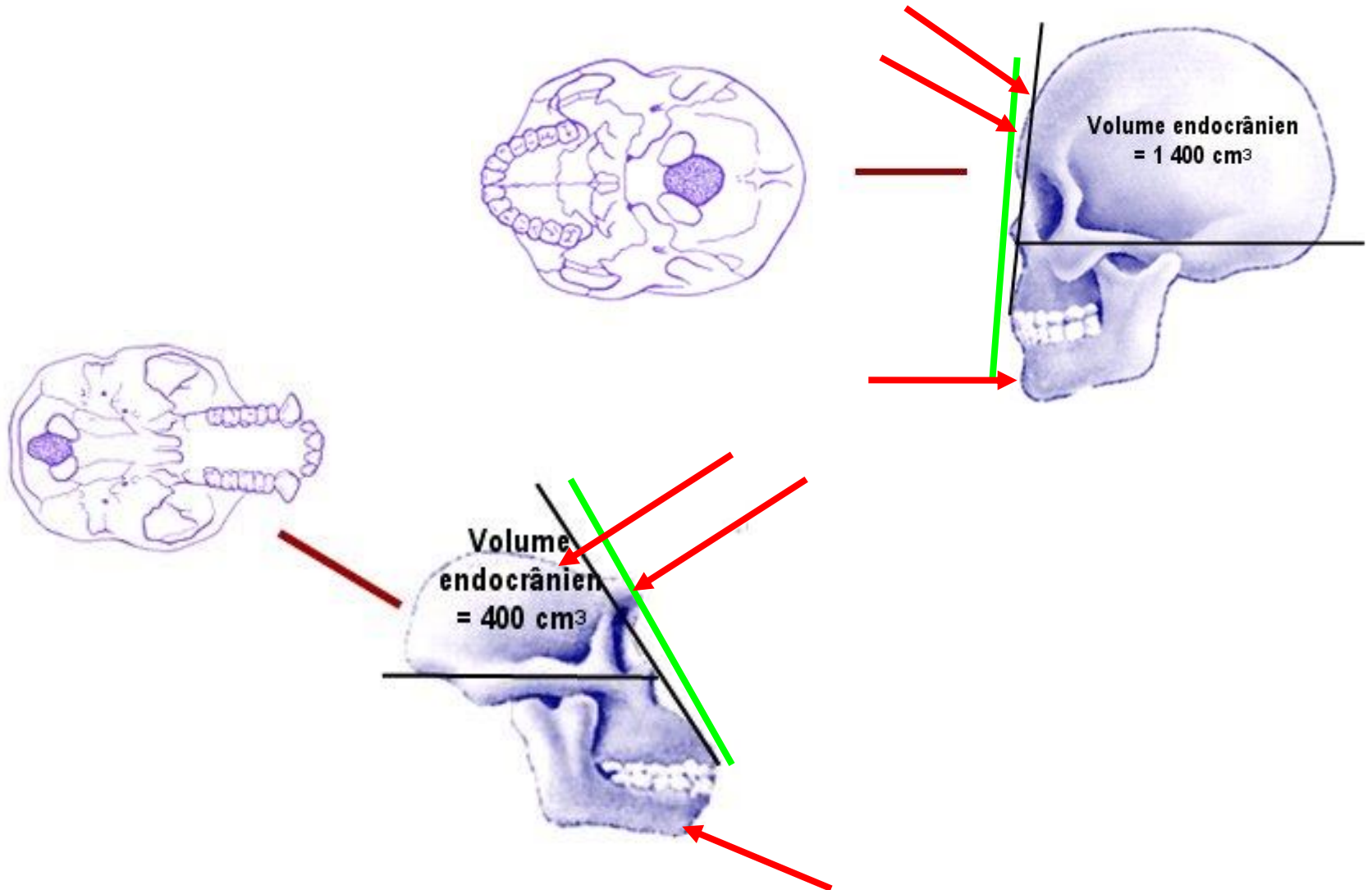
Volume crânien élevé



# La face

Face presque plate = orthognathisme  
Front plat

Absence de bourrelets sus-orbitaires  
menton

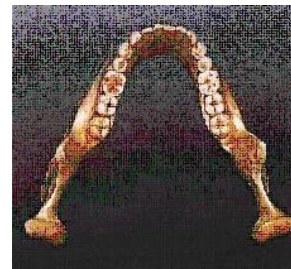
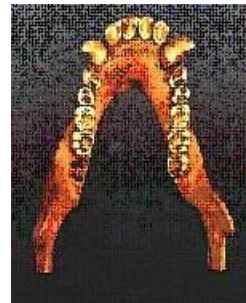
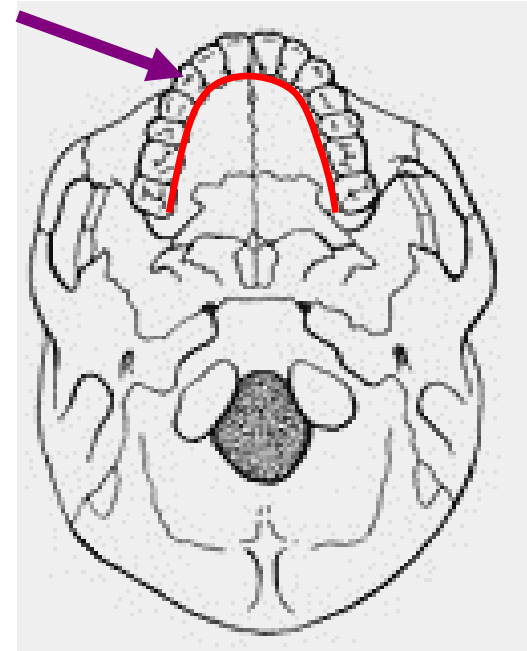
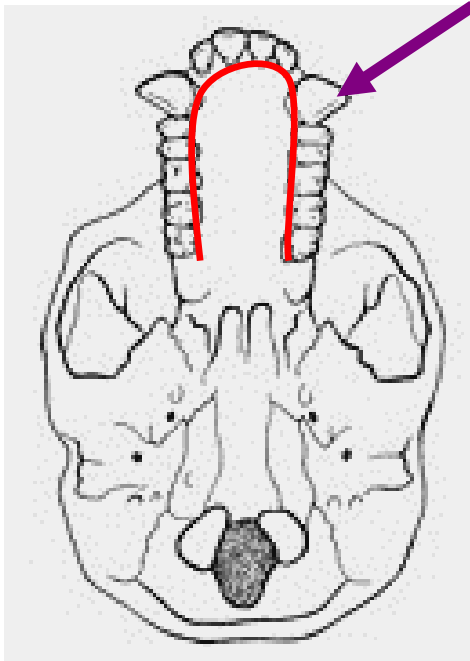


# denture

Arcade dentaire parabolique (en V)

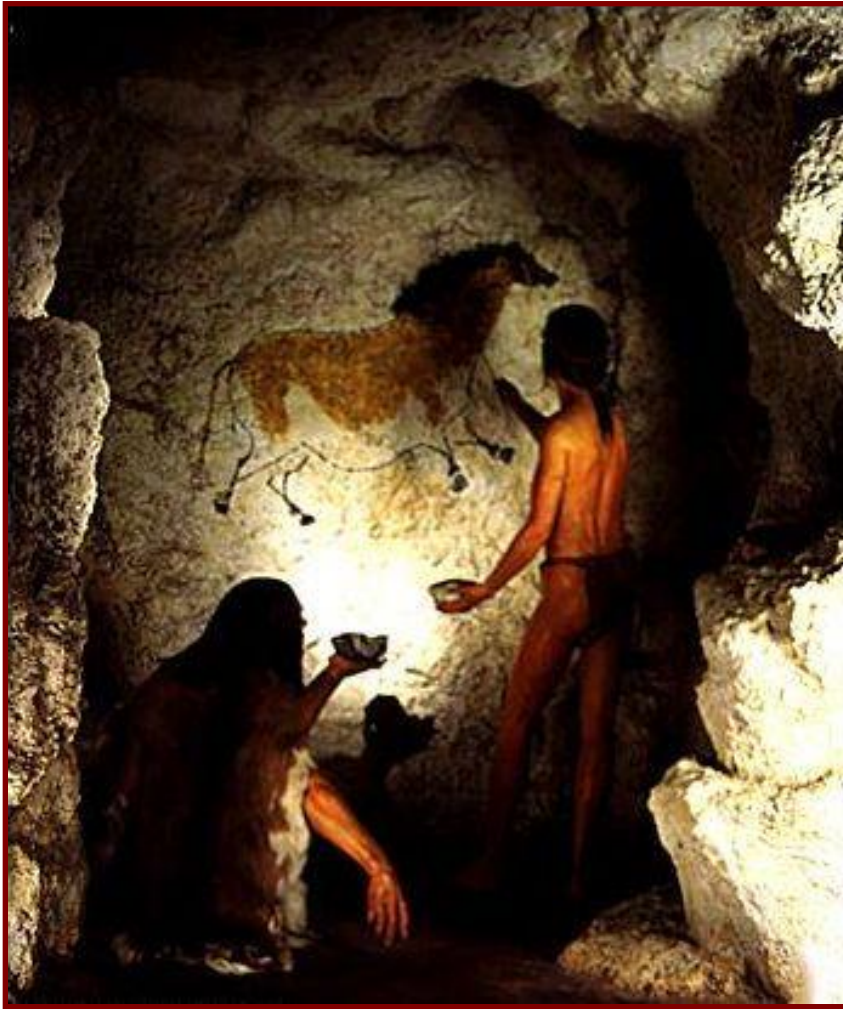
Dents serrées, peu différenciées de petite taille

Email épais



# **Activités sociales et culturelles**

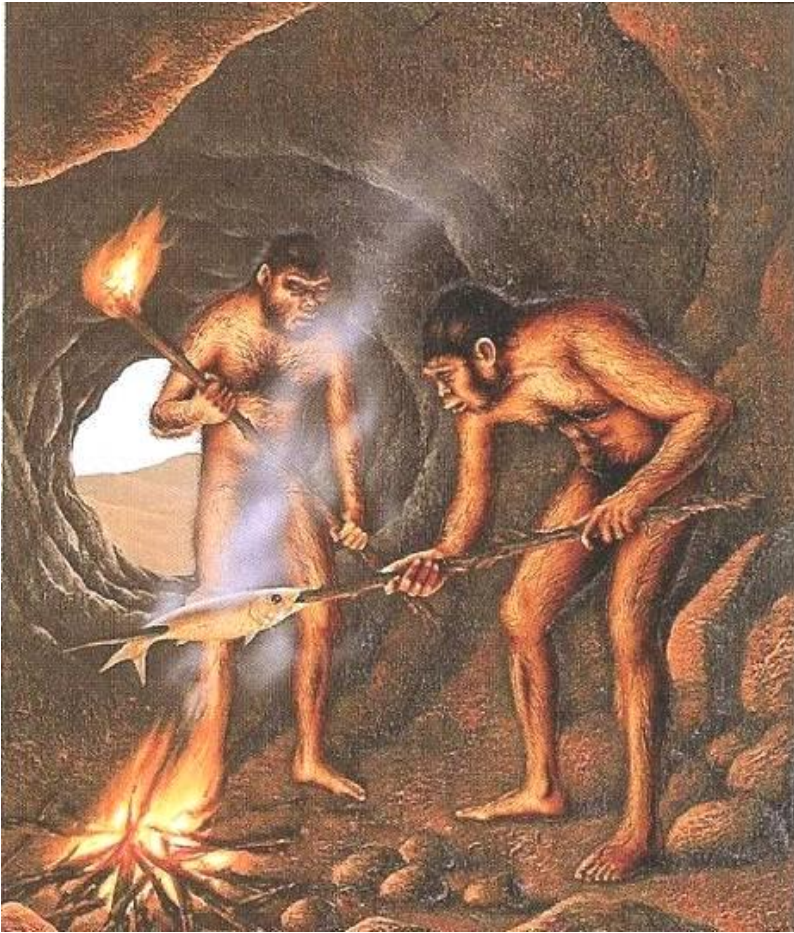
## Activité culturelle



Invention de l'art



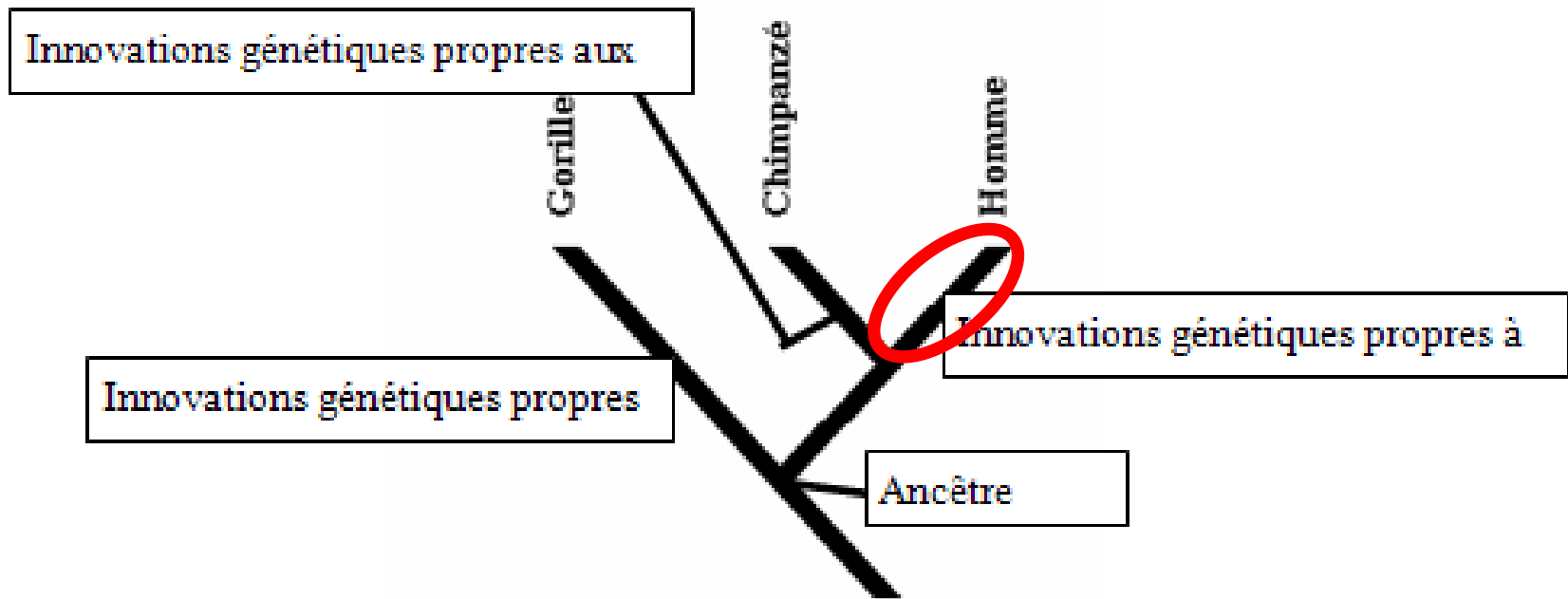
Conscience de la mort



**Maîtrise du feu**



**Outils perfectionnés**



**Tout fossile qui possède au moins un caractère dérivé spécifique à l'Homme appartient au rameau Humain.**

# **Chapitre 3. Un regard sur l'évolution de l'Homme**

## **I. La place de l'Homme dans la dynamique évolutive des primates.**

**A. Reconstituer une histoire évolutive.**

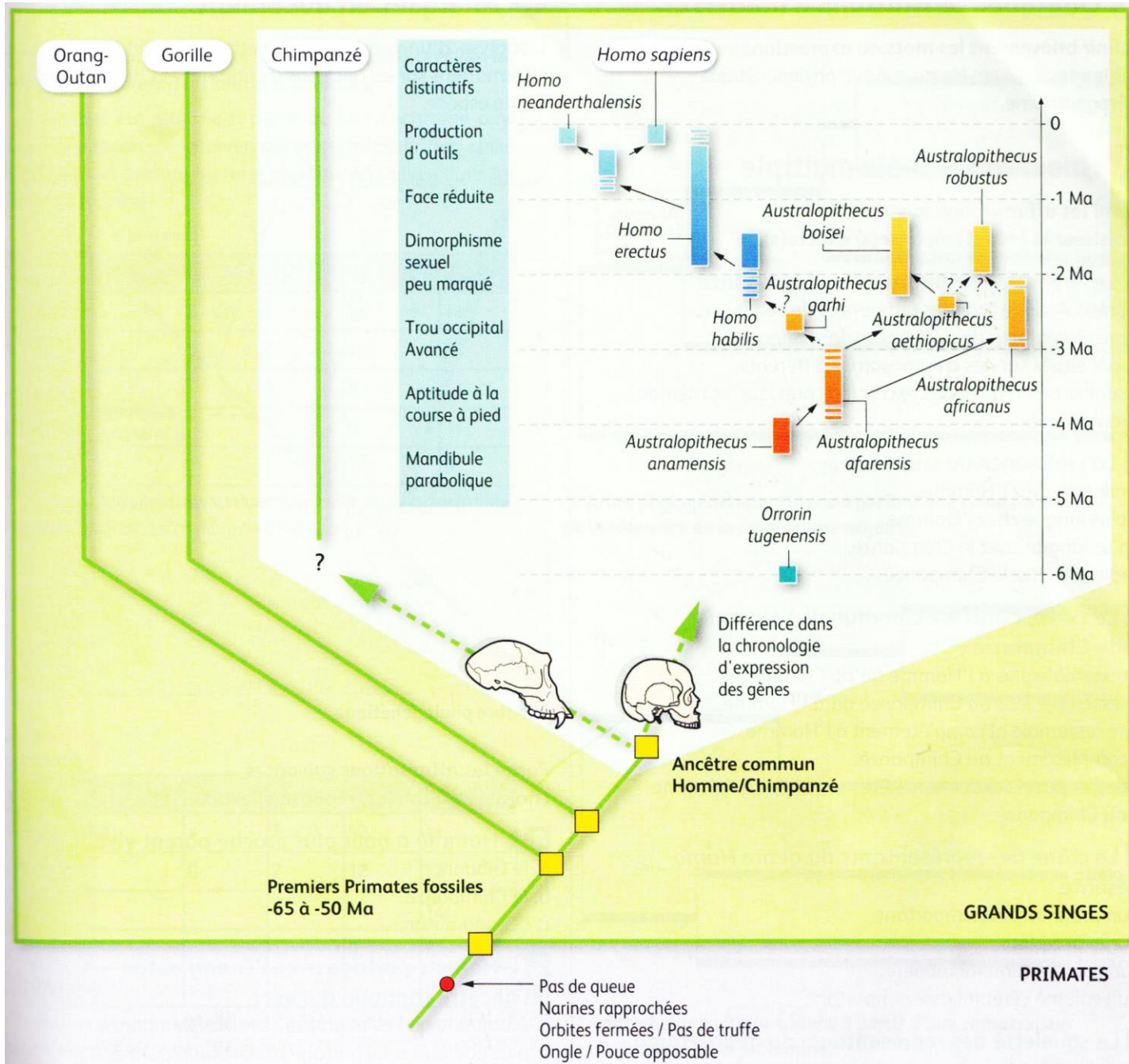
**B. La place de l'Homme parmi les primates.**

**C. Dynamique évolutive au sein du rameau humain.**

**1. Les caractères dérivés propres à l'Homme**

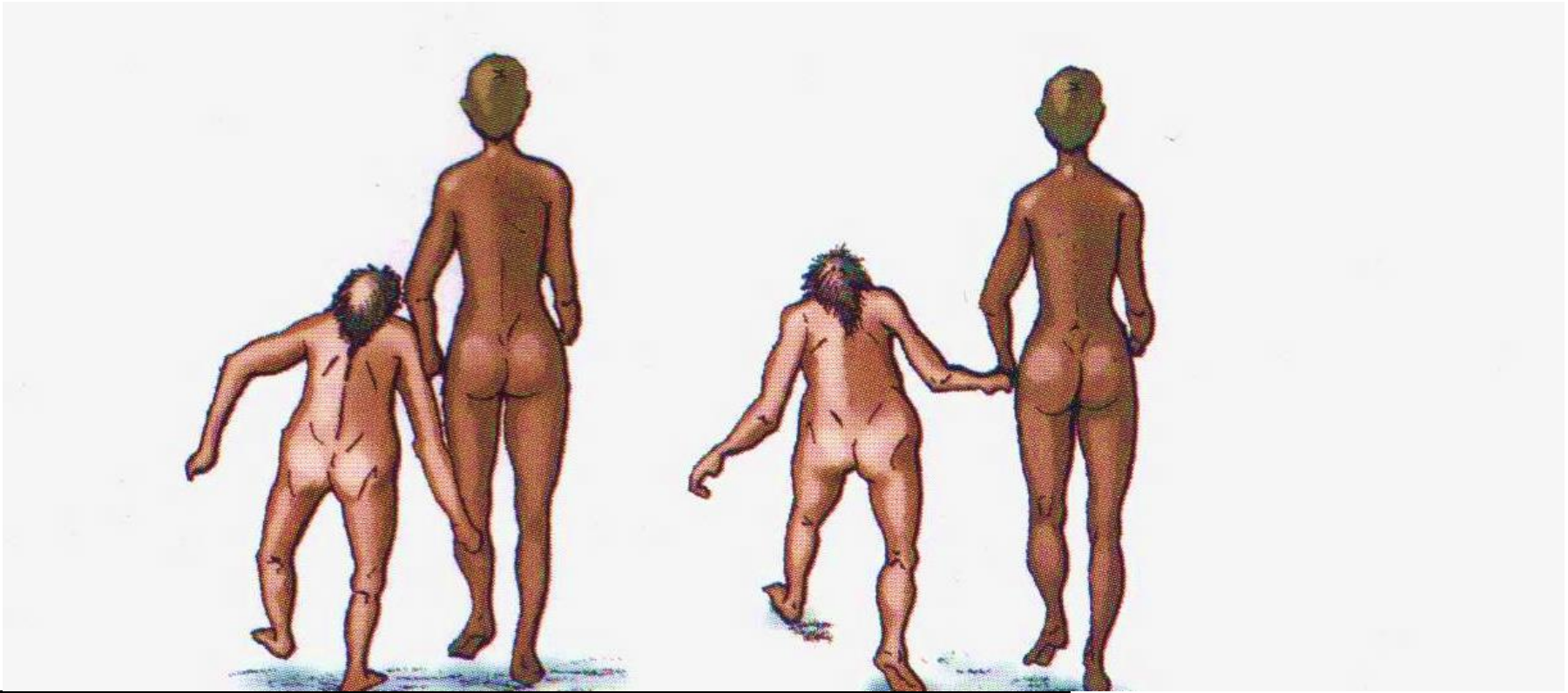
**2. Etablissement d'une phylogénie au sein du rameau humain.**

# Histoire évolutive du rameau humain





# Les Australopithèques



## Bipédie permanente mais imparfaite

Les Australopithèques « robustes » :  
Paranthropus

*P. aethiopicus*

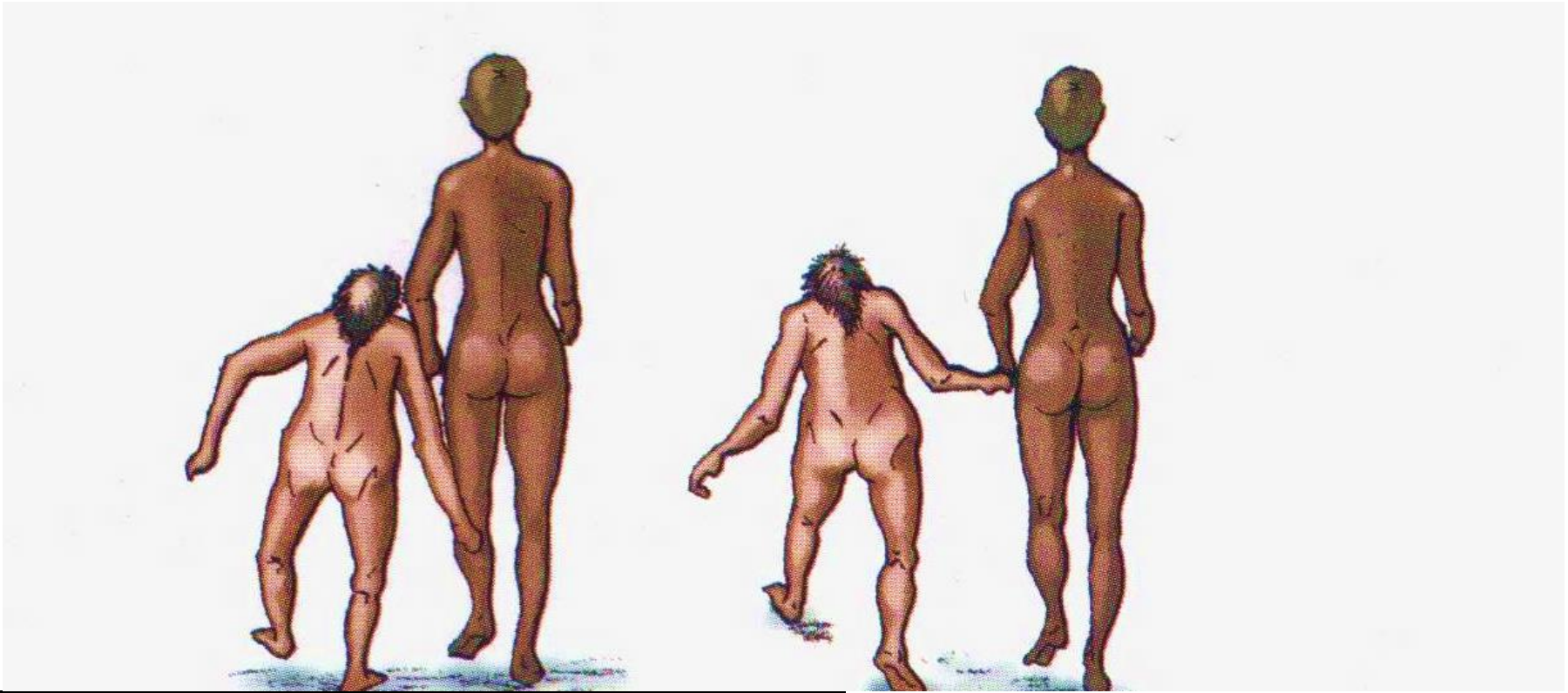
*P. bosei*

*P. robustus*





# Les Australopithèques



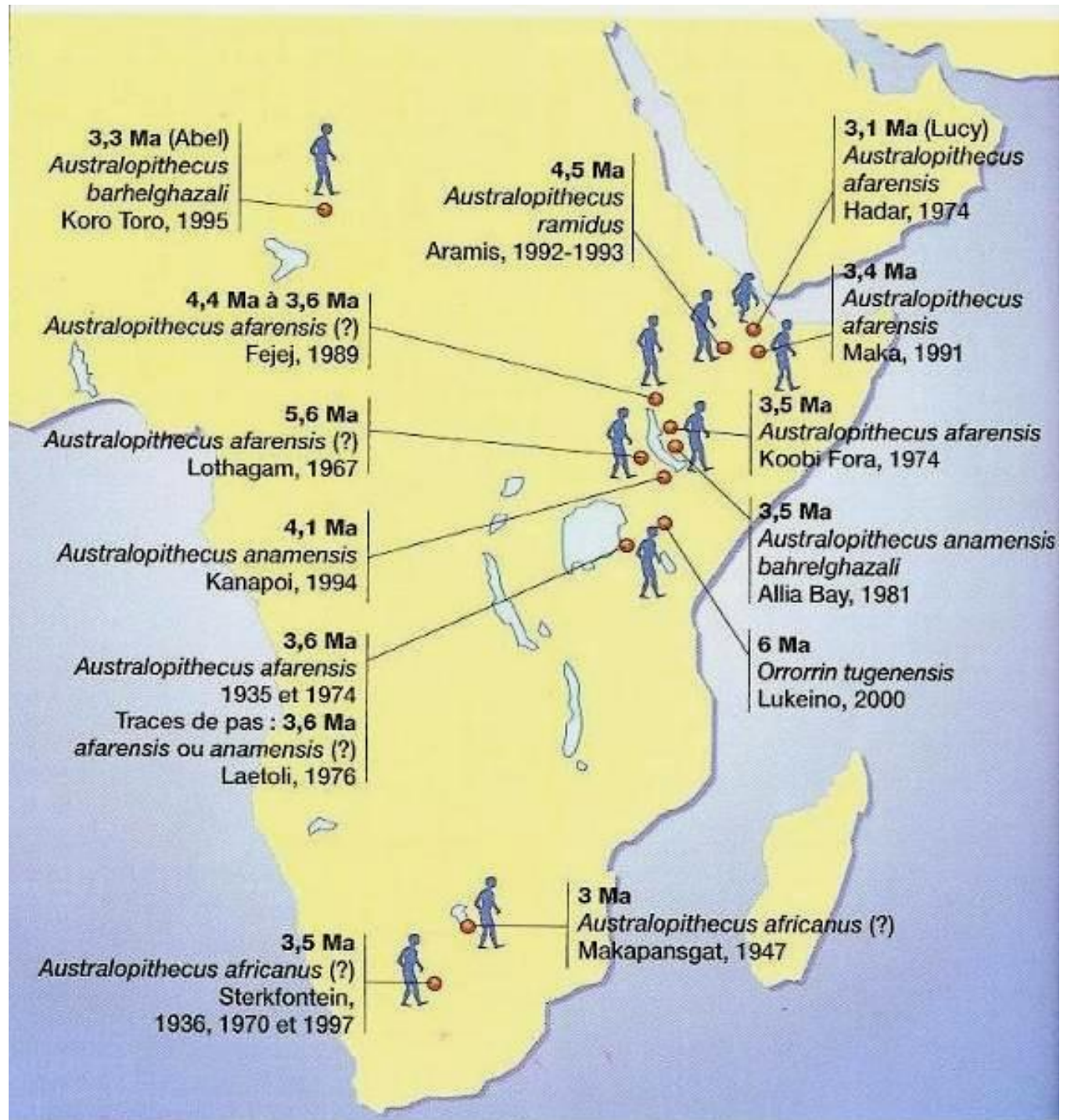
**Bipédie permanente mais imparfaite**

**Face projetée vers l'avant (prognathe)**

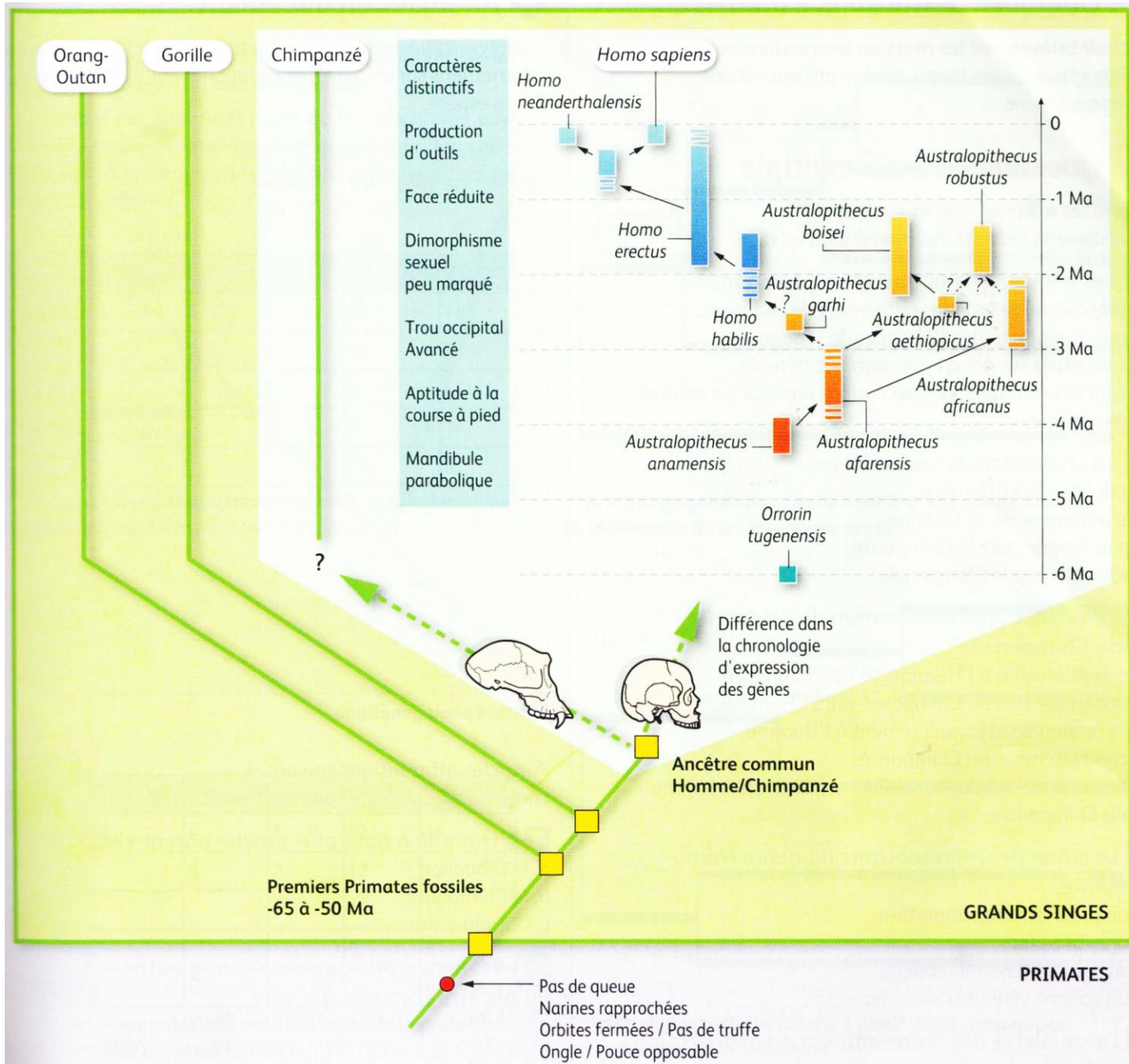
**Capacité crânienne réduite**



# Répartition

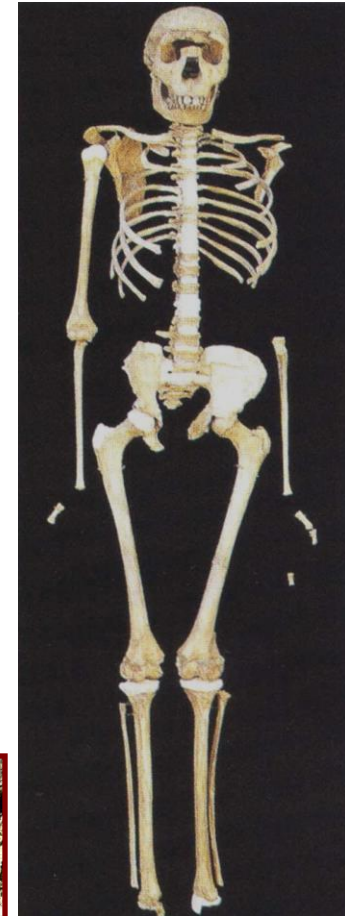
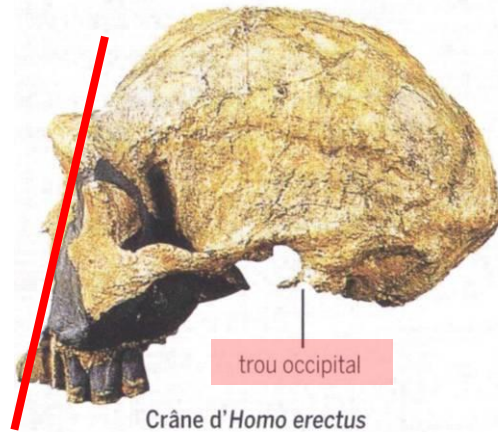


# Histoire évolutive du rameau humain

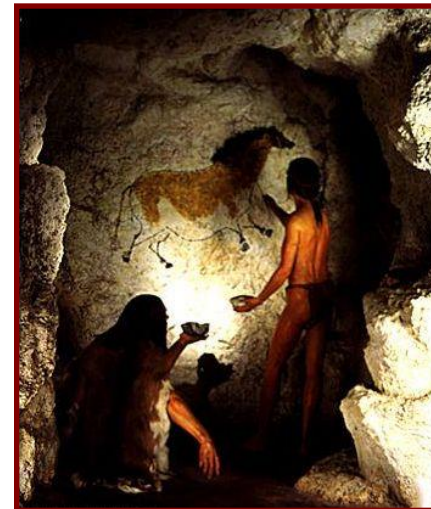


# Caractéristiques du genre Homo

-2.5 Ma → actuel

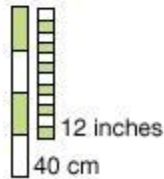


- **Bipédie plus élaborée => déplacement sur de longues distances**
- **Face plus plate (plus orthognathe)**
- **Capacité crânienne importante : > 600 cm<sup>3</sup>**
- **Mandibule parabolique (en V)**
- **Production d'outils complexes**
- **Pratiques culturelles**

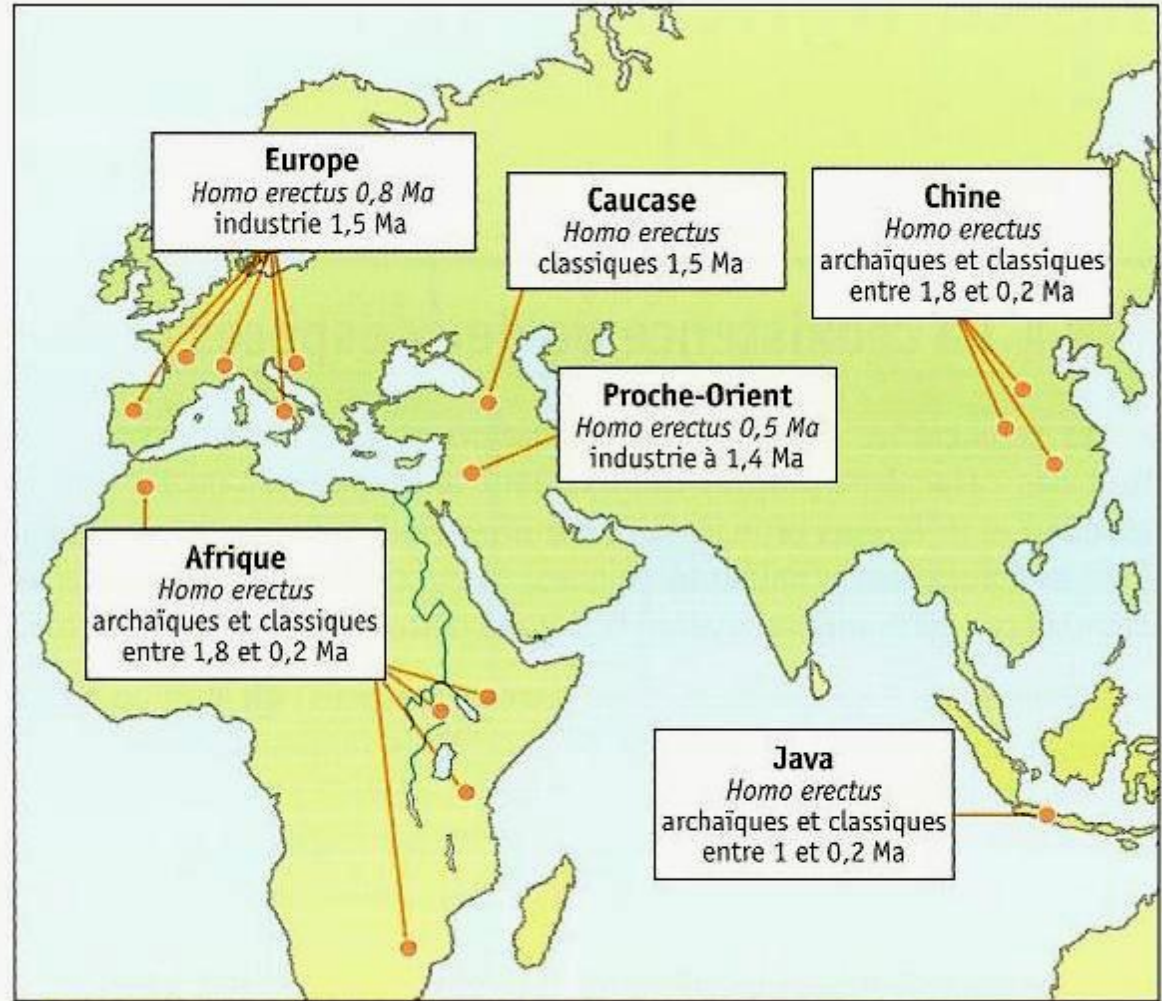




*Homo erectus*



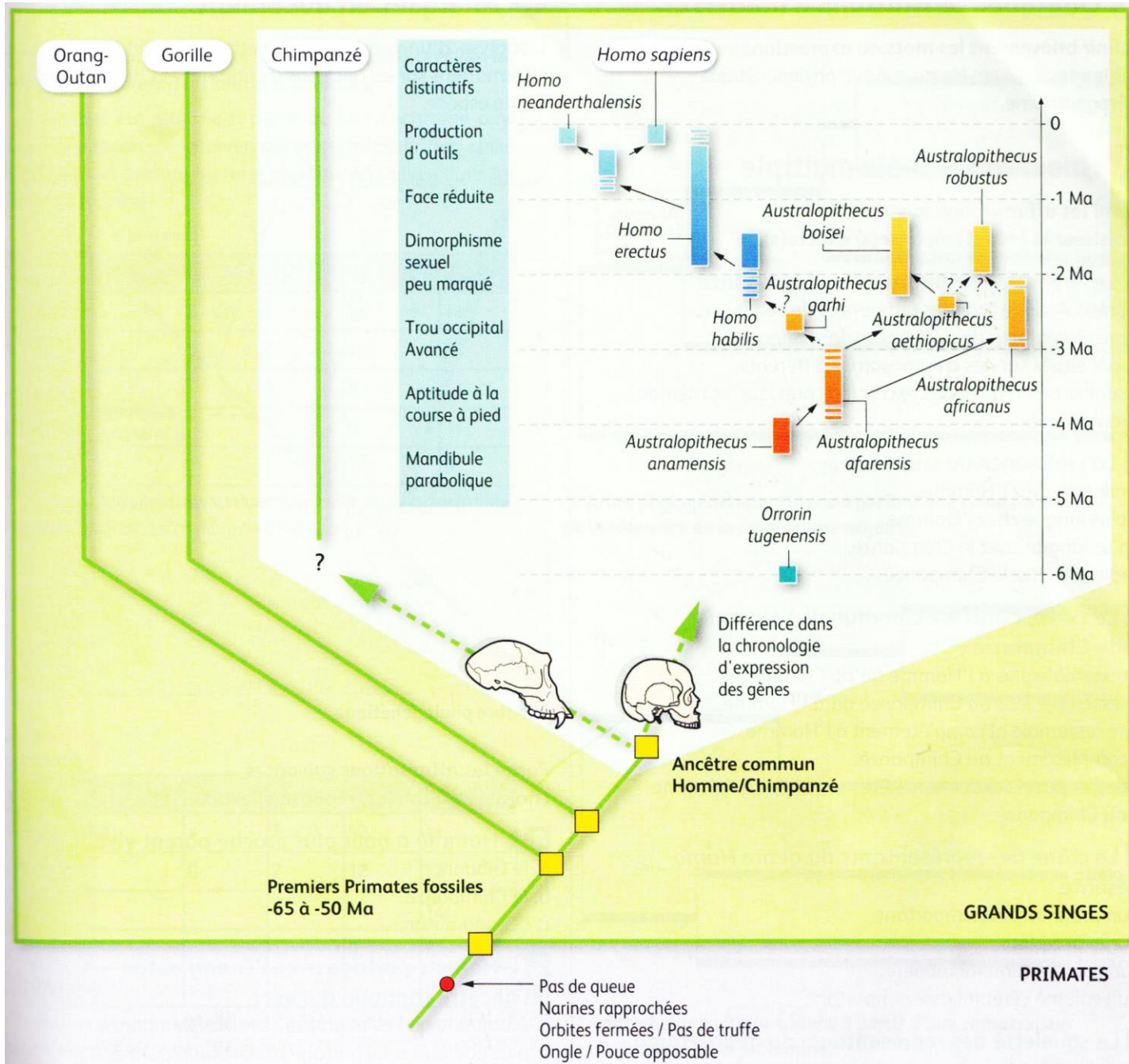
© 2005 Encyclopædia Britannica, Inc.



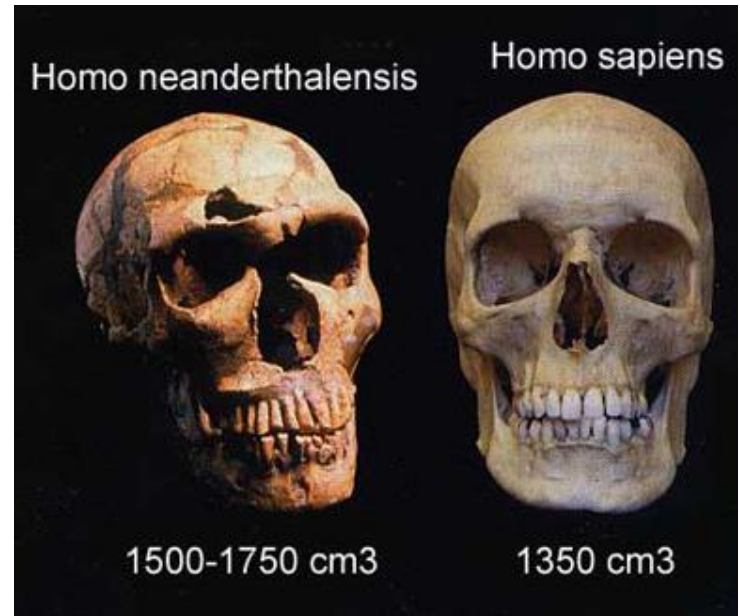
Carte de répartition des *Homo erectus* à travers l'ancien monde.

**Homo erectus = grand migrateur qui a colonisé l'Afrique du nord, du sud, le proche orient, l'Asie et l'Europe.**

# Histoire évolutive du rameau humain







# Chapitre 3. Un regard sur l'évolution de l'Homme

## I. La place de l'Homme dans la dynamique évolutive des primates.

A. Reconstituer une histoire évolutive.

B. La place de l'Homme parmi les primates.

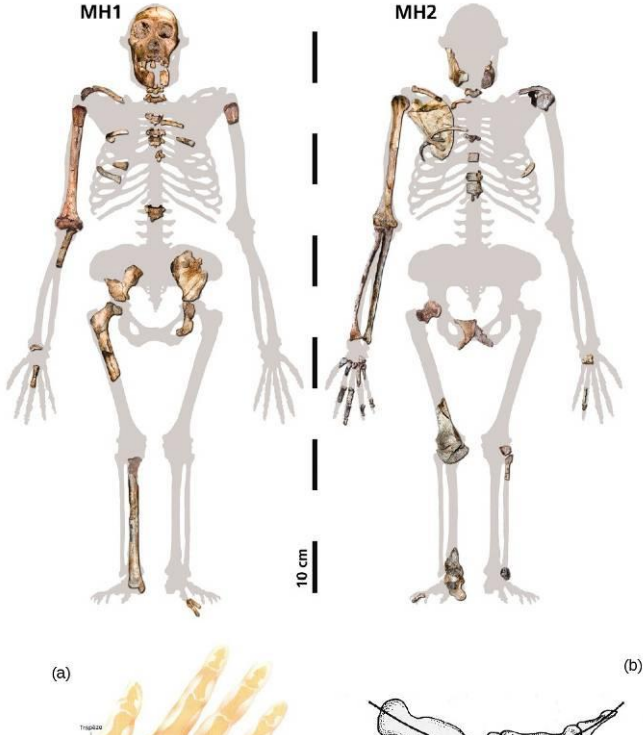
C. Dynamique évolutive au sein du rameau humain.

1. Les caractères dérivés propres à l'Homme

2. Etablissement d'une phylogénie au sein du rameau humain.

3. Controverses sur la phylogénie au sein du rameau humain.

# Australopithecus sebida (2008) - 1.9 MA



## Bipédie + affinée ??

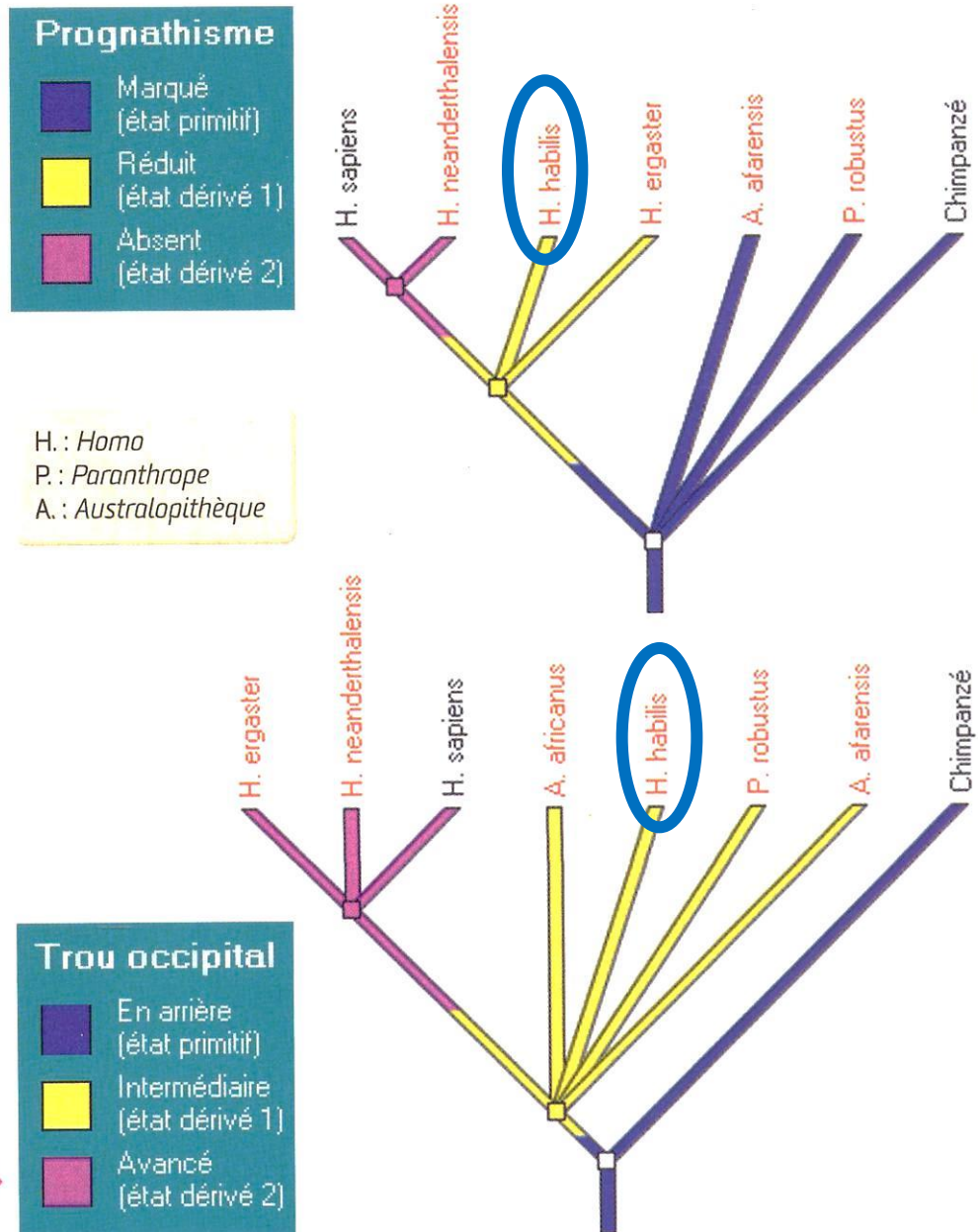


## Main habile => manipulation d'outils perfectionnés ??



## Capacité crânienne réduite (450 cm<sup>3</sup>)

# Place d'*Homo habilis* sur l'arbre phylogénétique ?



# Toumaï (*Sahelanthropus tchadensis*)

Découvert en juillet 2001 au **Tchad**. On ne possède que le crâne, quelques dents et des fragments de mâchoire.

Daterait de **7 MA** (datation relative).

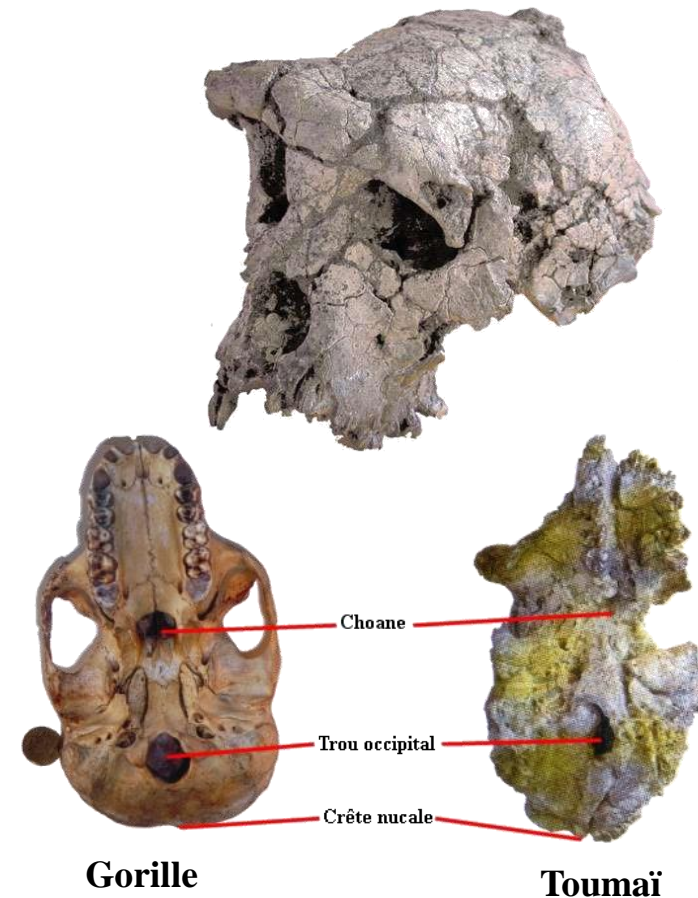
Trou occipital témoigne d'une position dressée.  
Bipède ???

Face plus aplatie que celle des grands singes.

Canines courtes

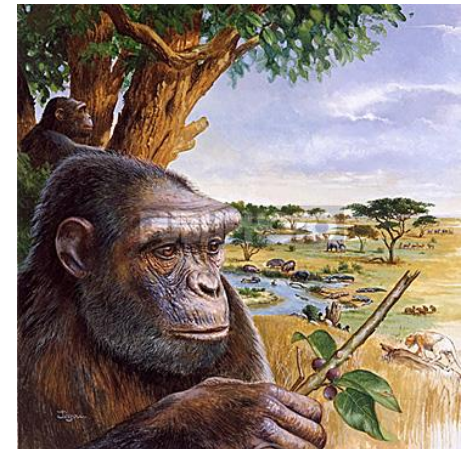
Mesurait quelque chose comme 1 à 1,3 m.

Capacité crânienne proche de celle du chimpanzé (360 à 370 cm<sup>3</sup>).



Gorille

Toumaï



# Conclusion

- Homme = primate
- Partage un DAC récent avec le chimpanzé
- Histoire évolutive depuis ce DAC = rameau humaine

# Conclusion

Evolution anatomique marquée par :

- Acquisition bipédie permanente
- Augmentation du volume crânien et réduction de la face

# Conclusion

- Caractère buissonnant du rameau humain : de nombreux rameaux ont existé et même cohabités
- nombreux fossiles dont les parentés sont mal précisées. Phylogénie en discussion



# **Chapitre 3. Un regard sur l'évolution de l'Homme**

## **I. La place de l'Homme dans la dynamique évolutive des primates.**

### **A. Reconstituer une histoire évolutive.**

### **B. La place de l'Homme parmi les primates.**

### **C. Dynamique évolutive au sein du rameau humain.**

#### **1. Les caractères dérivés propres à l'Homme**


#### **2. Etablissement d'une phylogénie au sein du rameau humain.**

#### **3. Controverses sur la phylogénie au sein du rameau humain.**

## **II. Mécanismes à l'origine de la diversification Homme/Chimpanzé depuis le DAC (dernier ancêtre commun).**

# L'Homme est le Chimpanzé partagent un ancêtre commun récent



- 7 Ma  ancêtre  
commun

# Très proche mais très différents ...



# **Chapitre 3. Un regard sur l'évolution de l'Homme**

## **I. La place de l'Homme dans la dynamique évolutive des primates.**

### **A. Reconstituer une histoire évolutive.**

### **B. La place de l'Homme parmi les primates.**

### **C. Dynamique évolutive au sein du rameau humain.**

#### **1. Les caractères dérivés propres à l'Homme**

#### **2. Etablissement d'une phylogénie au sein du rameau humain.**

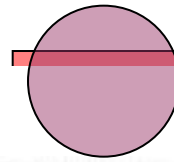
#### **3. Controverses sur la phylogénie au sein du rameau humain.**

## **II. Mécanismes à l'origine de la diversification Homme/Chimpanzé depuis le DAC (dernier ancêtre commun).**

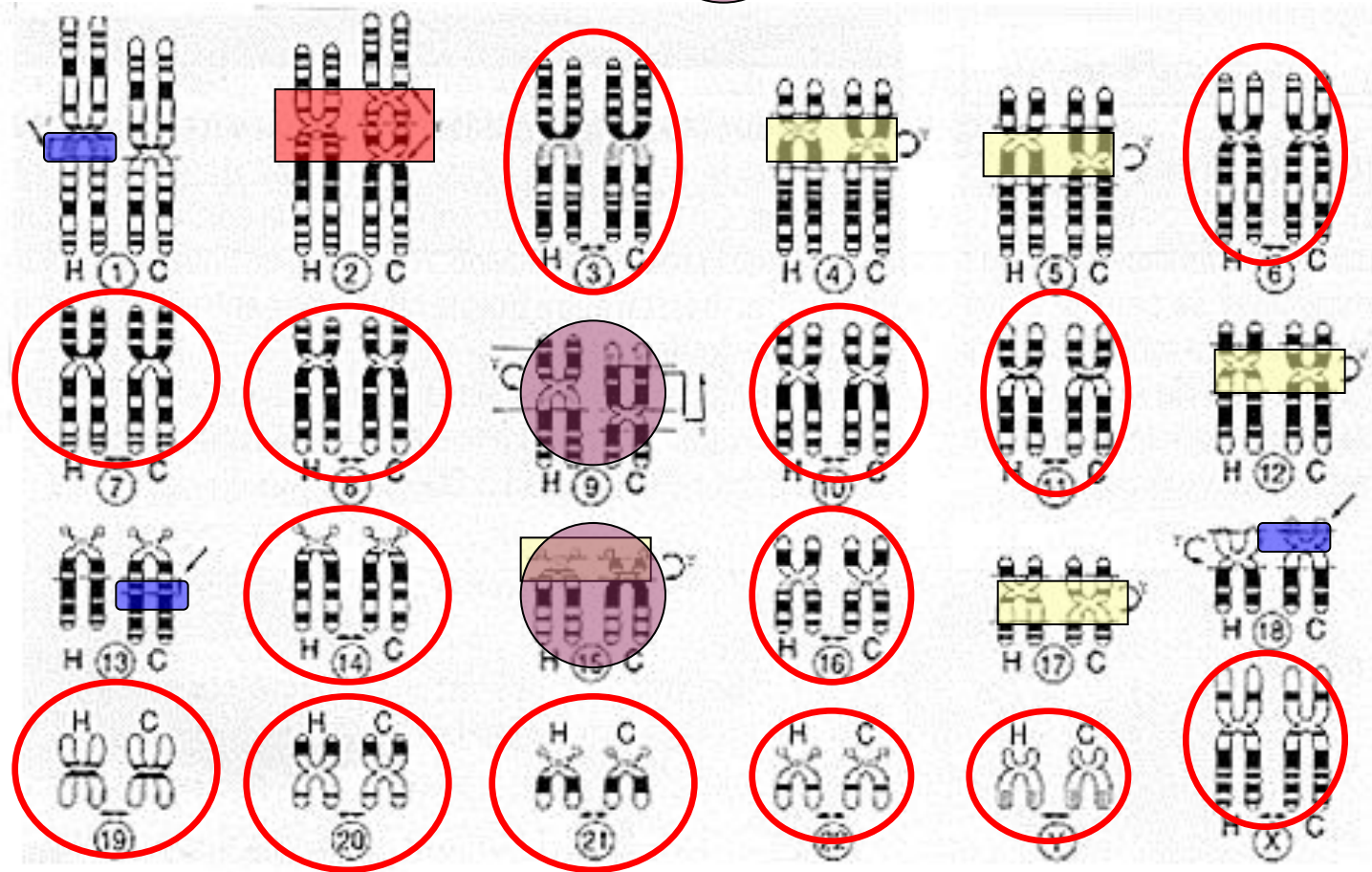
### **A. Comparaisons génétiques (Homme/Chimpanzé).**

#### **1. Comparaison des caryotypes**

# Comparaison des caryotypes de l'Homme et du Chimpanzé



Modifications complexes



# **Chapitre 3. Un regard sur l'évolution de l'Homme**

**I. La place de l'Homme dans la dynamique évolutive des primates.**

**II. Mécanismes à l'origine de la diversification Homme/Chimpanzé depuis le DAC (dernier ancêtre commun).**

**A. Comparaisons génétiques (Homme/Chimpanzé).**

**1. Comparaison des caryotypes.**

**2. Comparaison des génomes.**

# Comparaison des génomes de l'Homme et du Chimpanzé

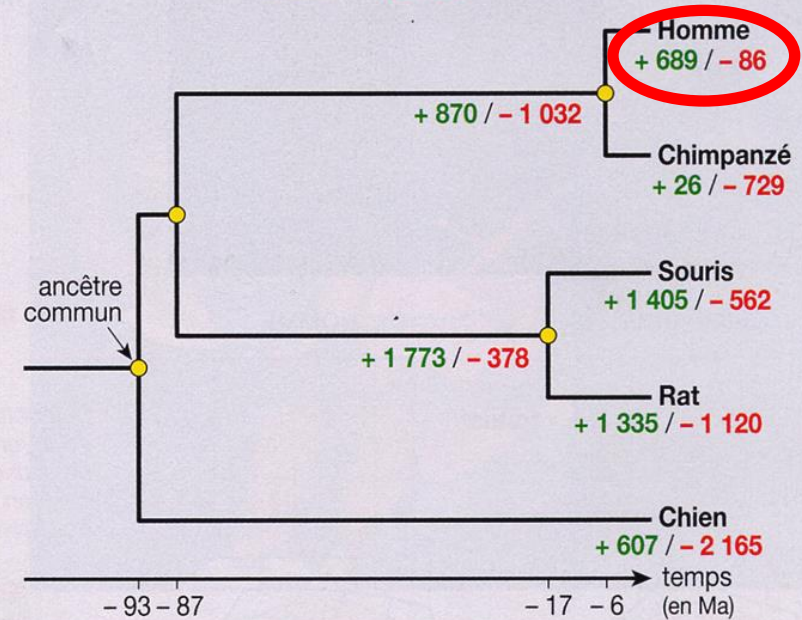
En 2005, le **séquençage** du génome d'un Chimpanzé, peu de temps après celui de l'Homme, a fourni des résultats précis et indiscutables :

- L'alignement des séquences de nucléotides fait apparaître une similitude de **98,77 %**.
- Le faible pourcentage de variations ponctuelles (1,23 %) représente néanmoins **37 millions de substitutions**. C'est dix fois plus que la différence moyenne constatée entre deux individus humains.
- L'étude plus précise des séquences génétiques et protéiques confirme que les différences Homme/Chimpanzé se caractérisent par un faible taux de mutations ponctuelles : en conséquence, une protéine humaine ne diffère le plus souvent d'une protéine de Chimpanzé que par un ou deux acides aminés.
- À ces différences ponctuelles, il faut ajouter des insertions ou additions de courtes séquences et des **duplications géniques**. Au total, on estime aujourd'hui qu'en tenant compte de l'ensemble de ces variations, la différence réelle entre le génome de l'Homme et celui du Chimpanzé se situe aux alentours de **6 à 7 %**.

## L'importance des duplications géniques

À la différence des mutations ponctuelles, le nombre de duplications géniques distinguant les deux lignées apparaît élevé. Par exemple, il existe deux copies du gène codant pour l'amylase salivaire (une **enzyme**) chez le Chimpanzé contre six en moyenne chez l'Homme. L'impact de ces duplications géniques est cependant aujourd'hui en discussion.

Une estimation des gains et pertes de gènes (J. Cohen, 2007).



# **Chapitre 3. Un regard sur l'évolution de l'Homme**

**I. La place de l'Homme dans la dynamique évolutive des primates.**

**II. Mécanismes à l'origine de la diversification Homme/Chimpanzé depuis le DAC (dernier ancêtre commun).**

**A. Comparaisons génétiques (Homme/Chimpanzé).**

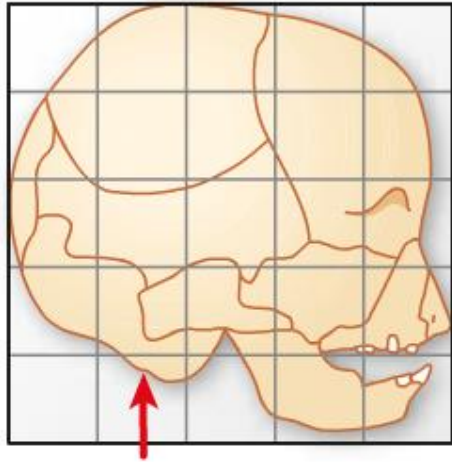
**1. Comparaison des caryotypes.**

**2. Comparaison des génomes.**

**B. Acquisition d'un phénotype humain ou simien (de singe).**

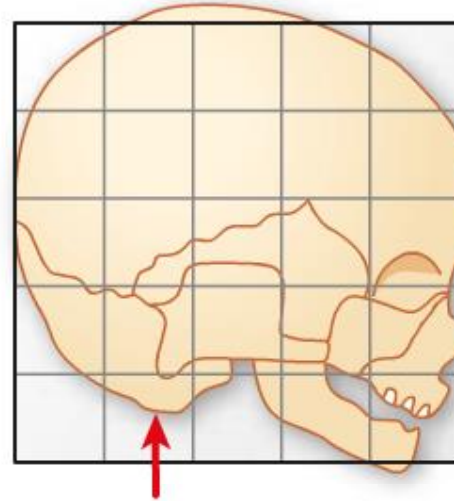


# CHIMPANZÉ

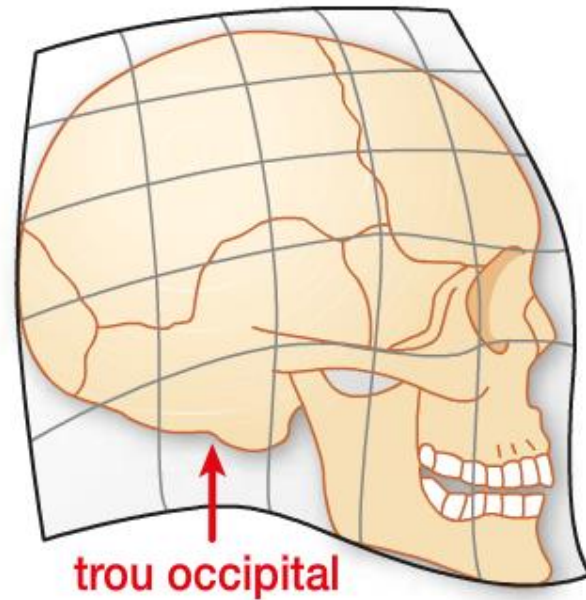
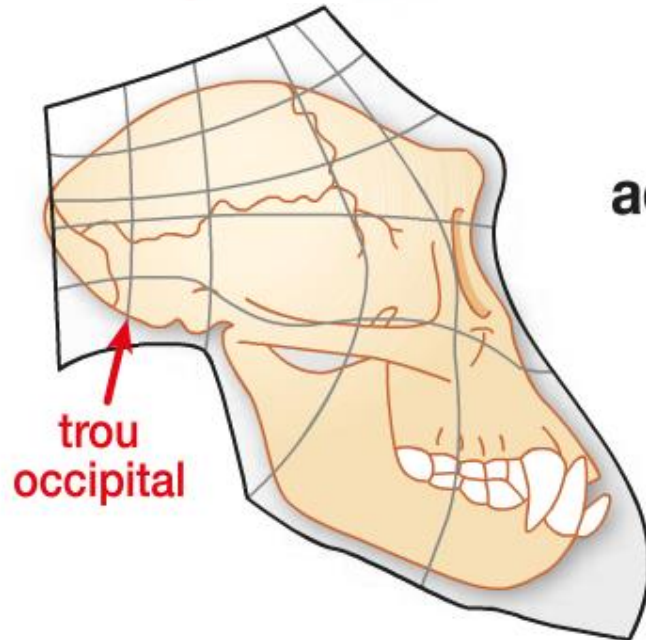


foetus

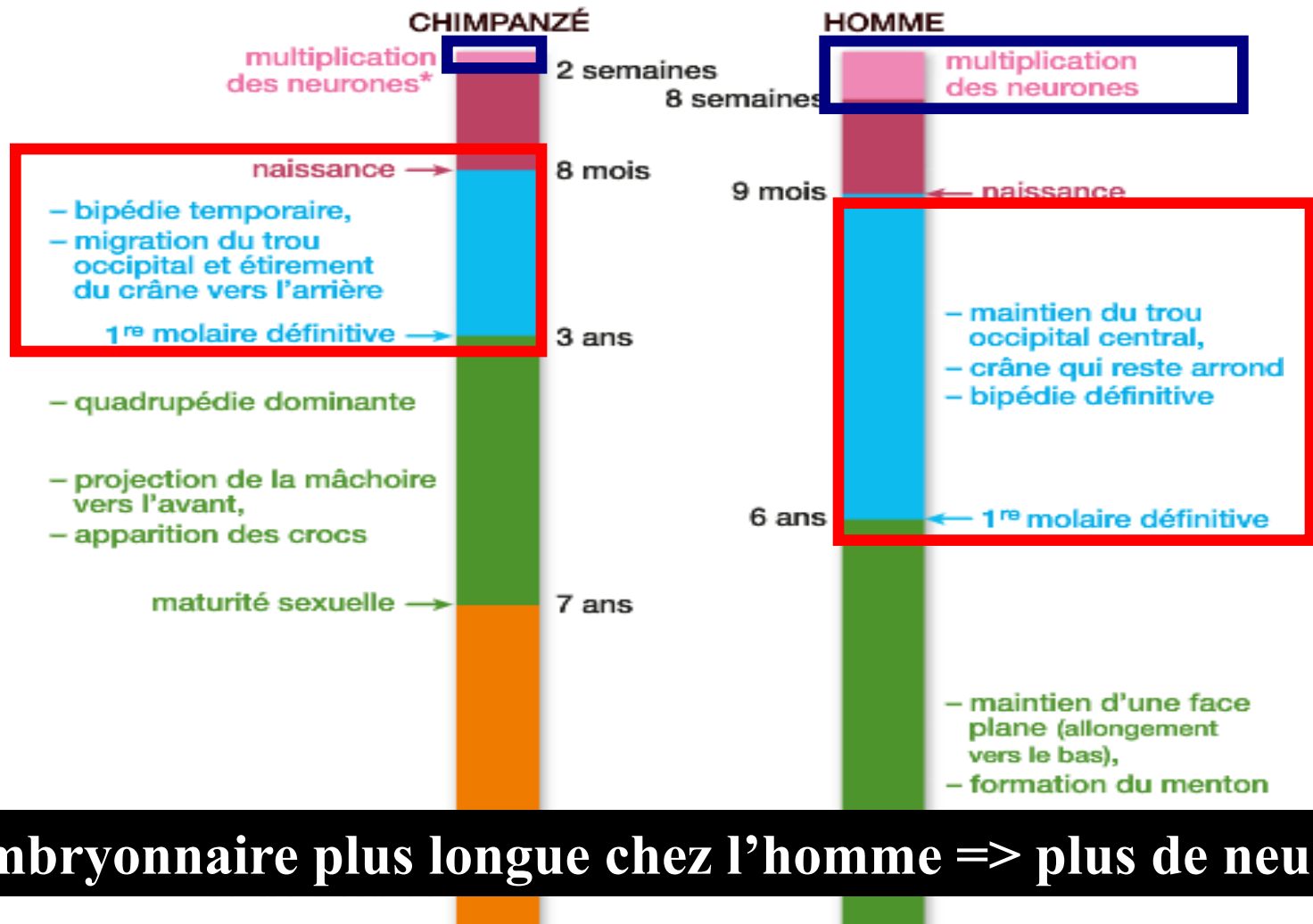
# HOMME



adulte



# Chronologie comparée du développement



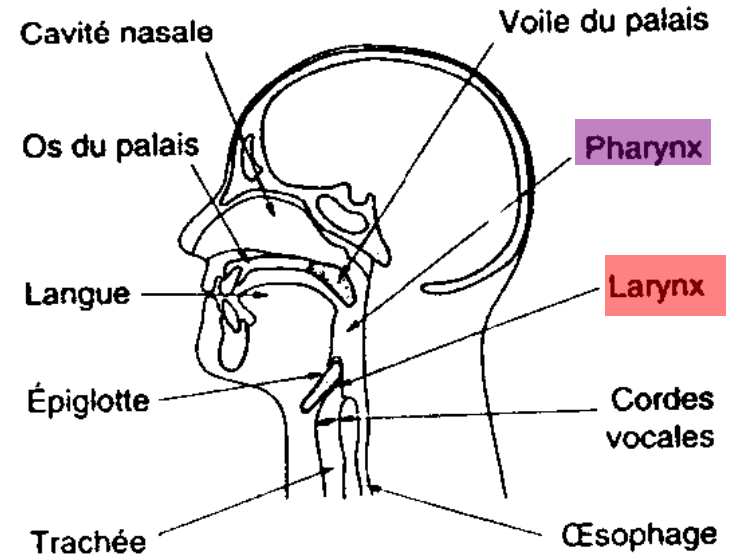
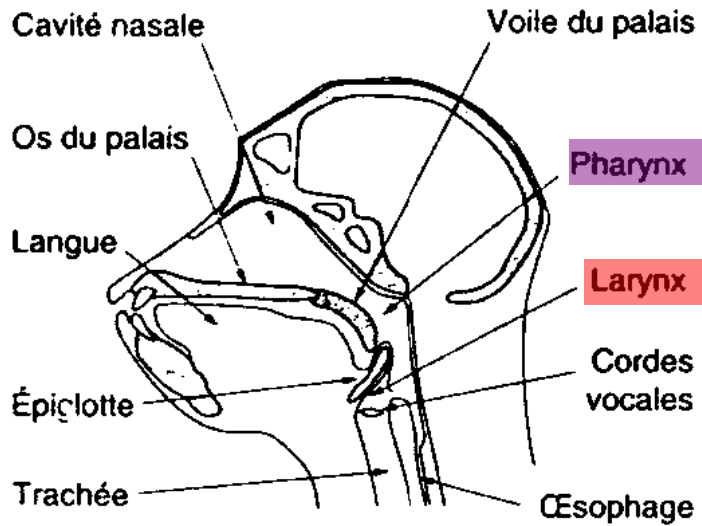
**Phase embryonnaire plus longue chez l'homme => plus de neurones**

**Phase juvénile plus longue chez l'homme =>**

- crâne arrondi
- trou occipital avancé
- face orthognathe

■ phase fœtale (dentition définitive)  
■ phase lactéale (dentition de lait) ■ adolescence et âge adulte

# Langage articulé



**Origine génétique**

## Interaction avec les autres





# **Bilan**

**L'établissement d'un phénotype Humain différent de celui des autres grands singes dépend :**

- Des différences génétiques**
- Des différences dans la durée et l'intensité d'expression de gènes du développement**
- Des relation entre les individus (apprentissage)**