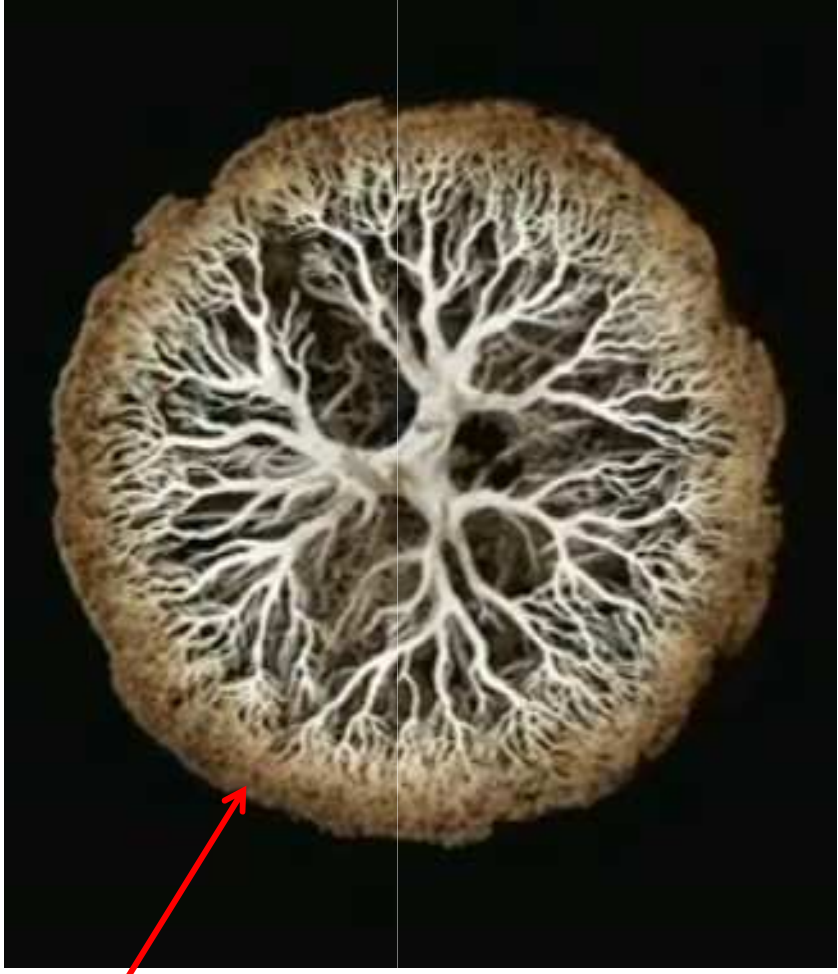


TS

Chapitre 4 : Un regard sur l'évolution de l'homme



Chapitre 4 : 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

II. Le chimpanzé, parent actuel le plus proche de l'homme

A. Des similitudes génétiques et moléculaires

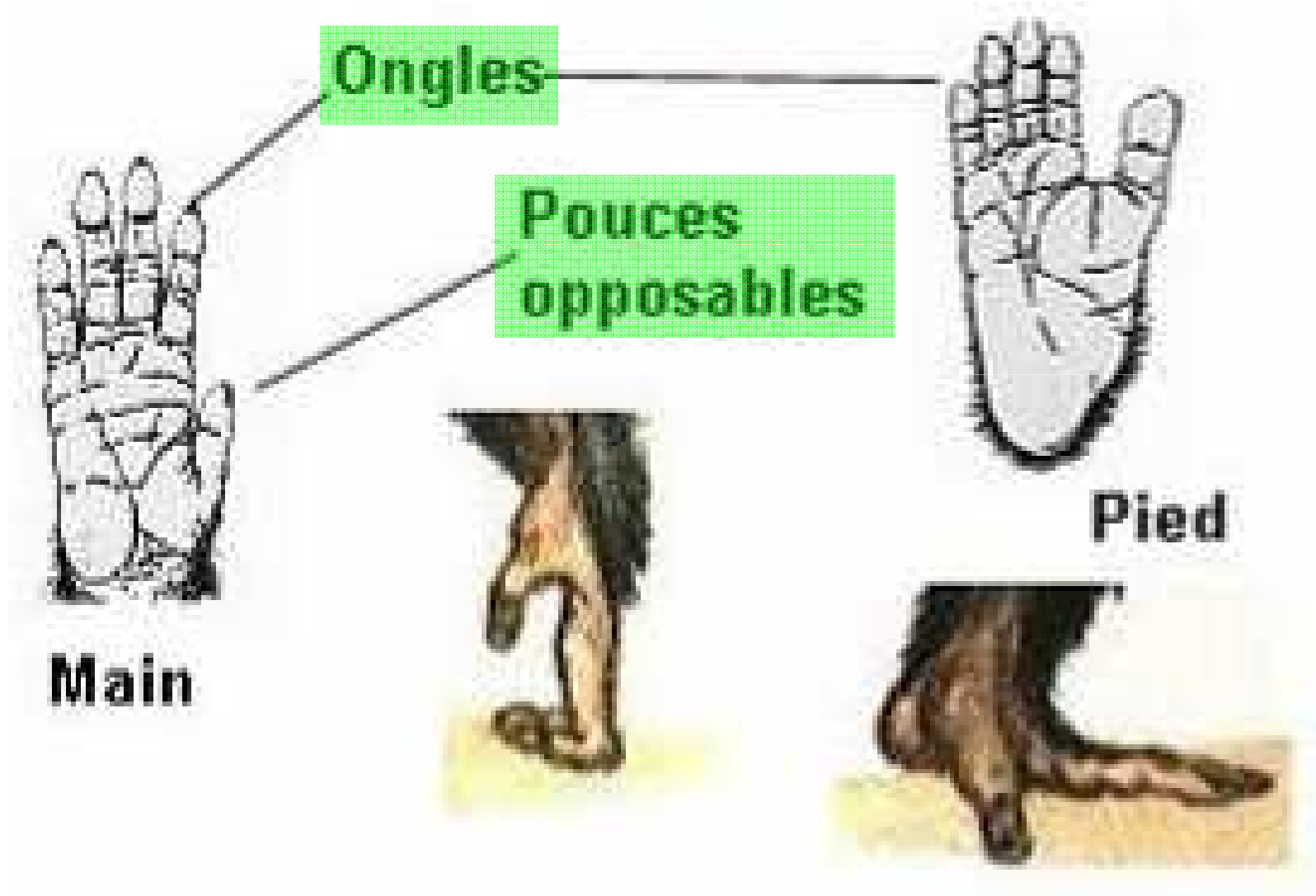
B. Des différences phénotypiques acquises au cours du développement pré et postnatal

III. La diversité du rameau humain

A. Les caractères dérivés propres à la lignée humaine

B. Quelques représentants fossiles du rameau humain : une phylogénie controversée.

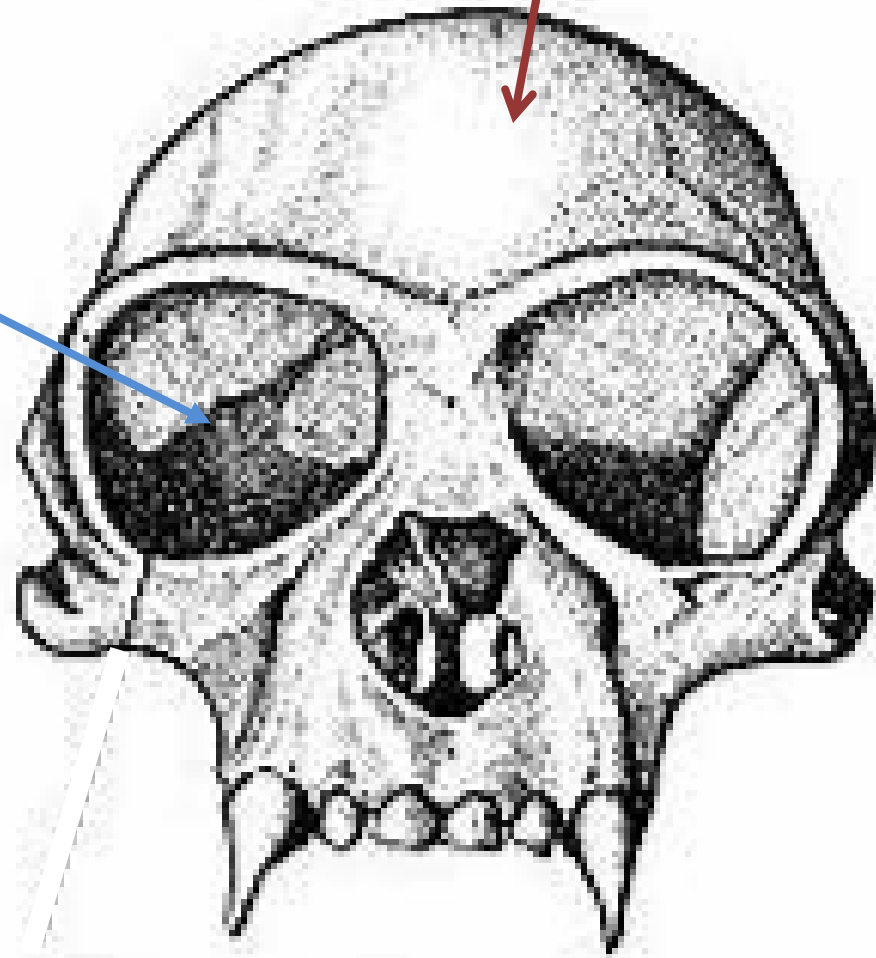
Caractéristiques des primates



Caractéristiques des primates

cortex cérébral développé

**Grande orbite
+ cortex visuel
développé**

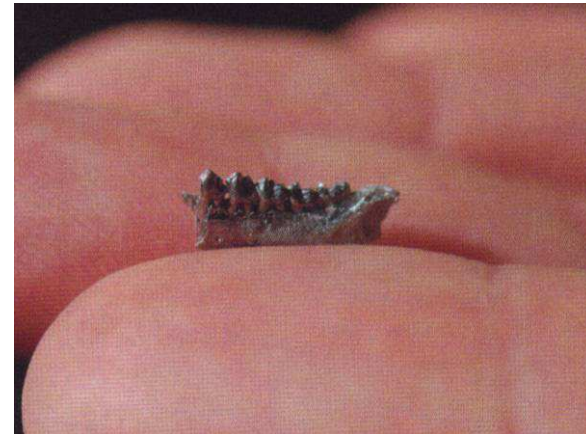


Plus anciens fossiles de primates

Les premiers primates fossiles datent de – 65 à – 50 Ma.

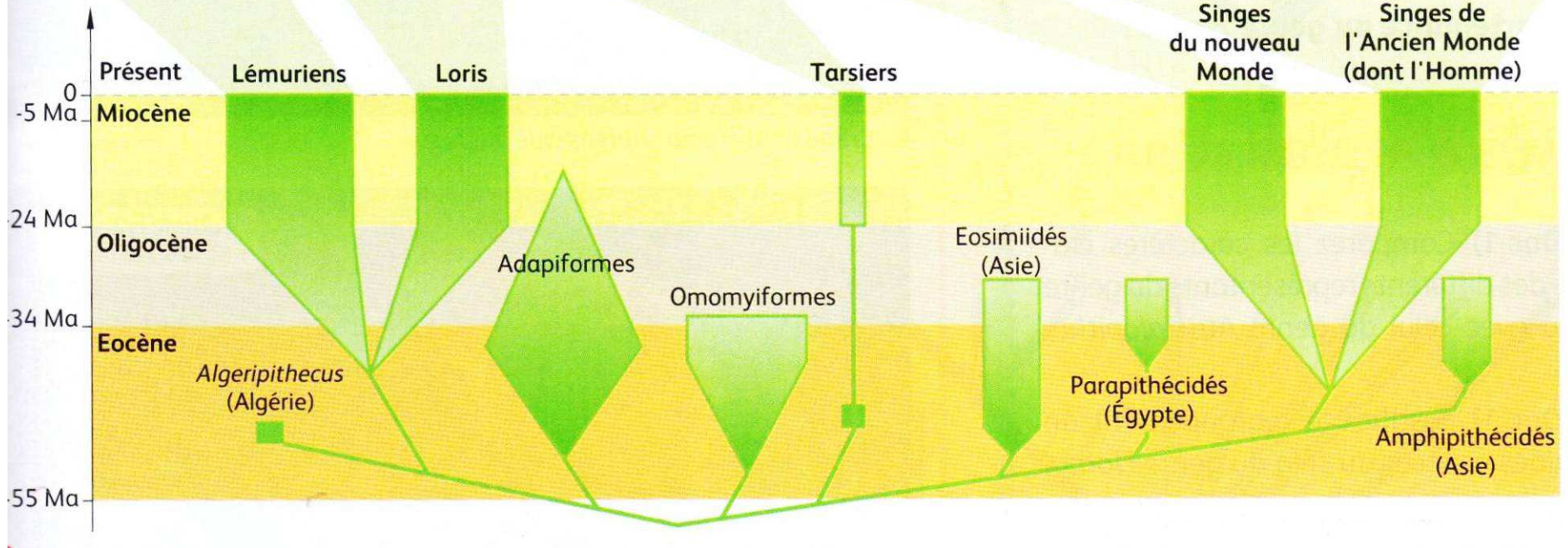


Darwinius masillae - 47 Ma



Algeripithecus - 50 Ma

Les primates, un groupe très diversifié dans le passé



Chapitre 4 : 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

II. Le chimpanzé, parent actuel le plus proche de l'homme

A. Des similitudes génétiques et moléculaires

B. Des différences phénotypiques acquises au cours du développement pré et postnatal

III. La diversité du rameau humain

A. Les caractères dérivés propres à la lignée humaine

B. Quelques représentants fossiles du rameau humain : une phylogénie controversée.

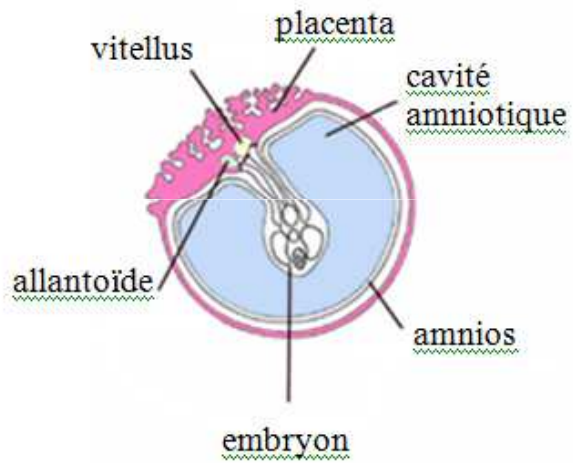
- Utilisation caractères anatomiques
- Utilisation de données moléculaires

Reconstituer une histoire évolutive

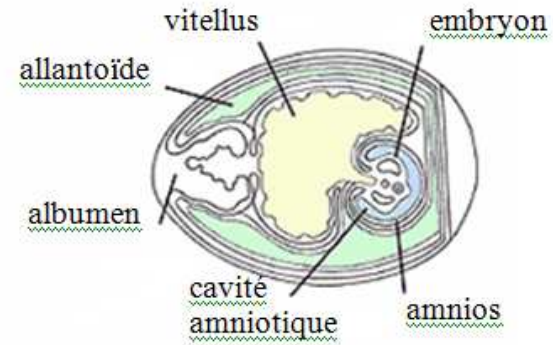


Annexes embryonnaires de quelques vertébrés

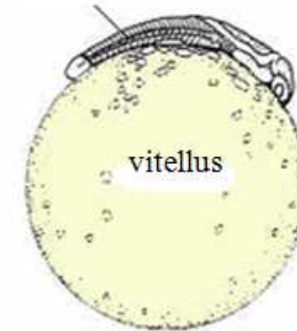
CHIEN



MESANGE



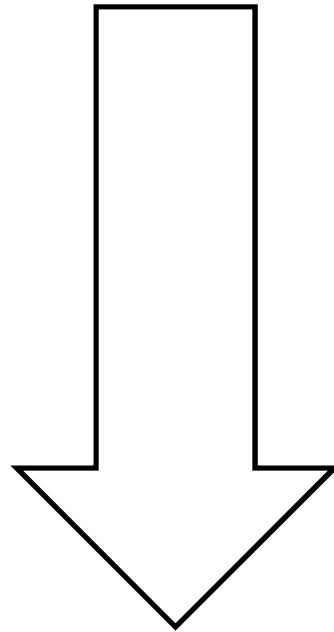
embryon



SARDINE

Deux états d'un caractère

État ancestral



Etat dérivé = innovation évolutive

Choix d'un extragroupe



Il possède tous les caractères à l'état ancestral

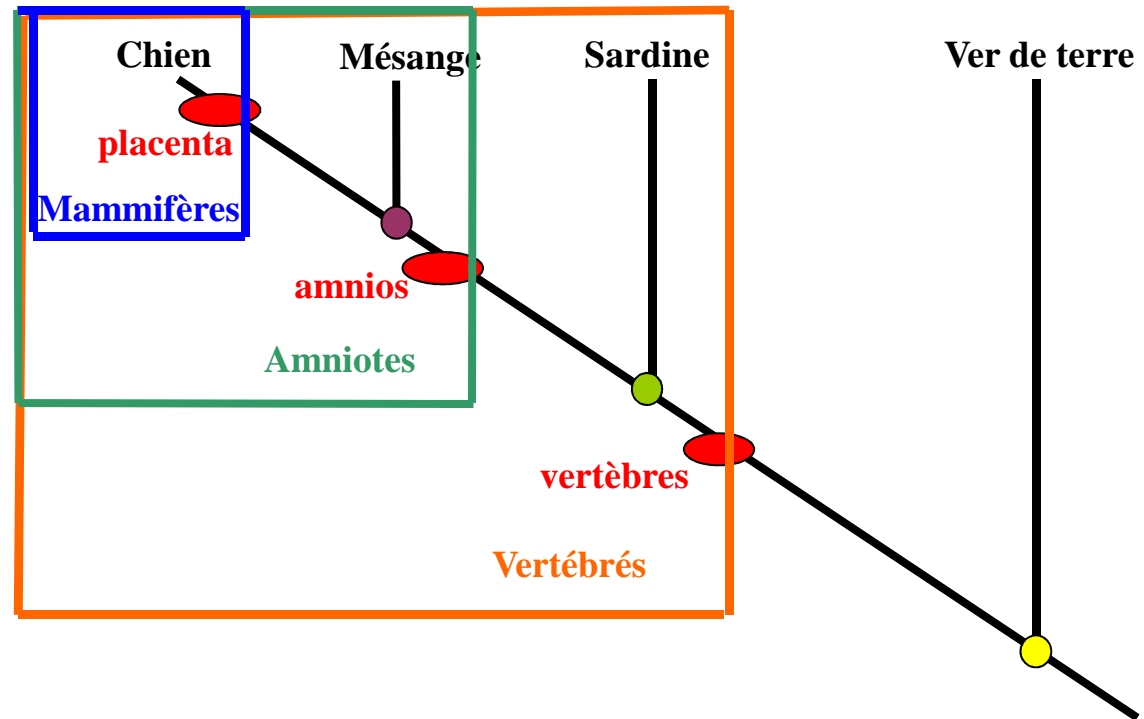
EXTRAGROUPE

Reconstituer une histoire évolutive

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

1 : état dérivé = innovation
0 : état ancestral

-  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

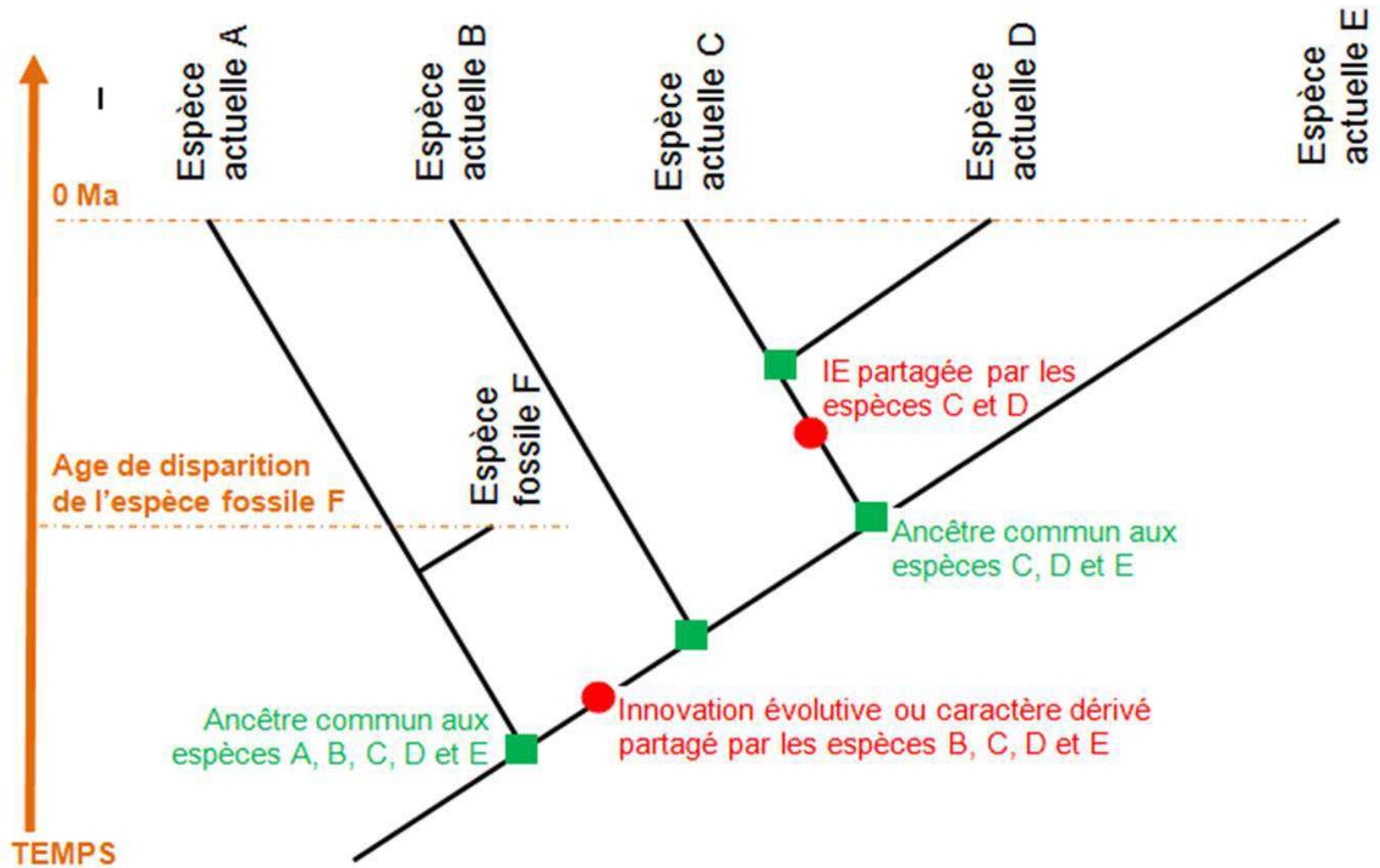
**Peu de caractères
dérivés partagés**

Parenté la plus étroite

**De nombreux caractères
dérivés partagés**



Arbre phylogénétique



- Utilisation caractères anatomiques
- Utilisation de données moléculaires

Utilisation de données moléculaires

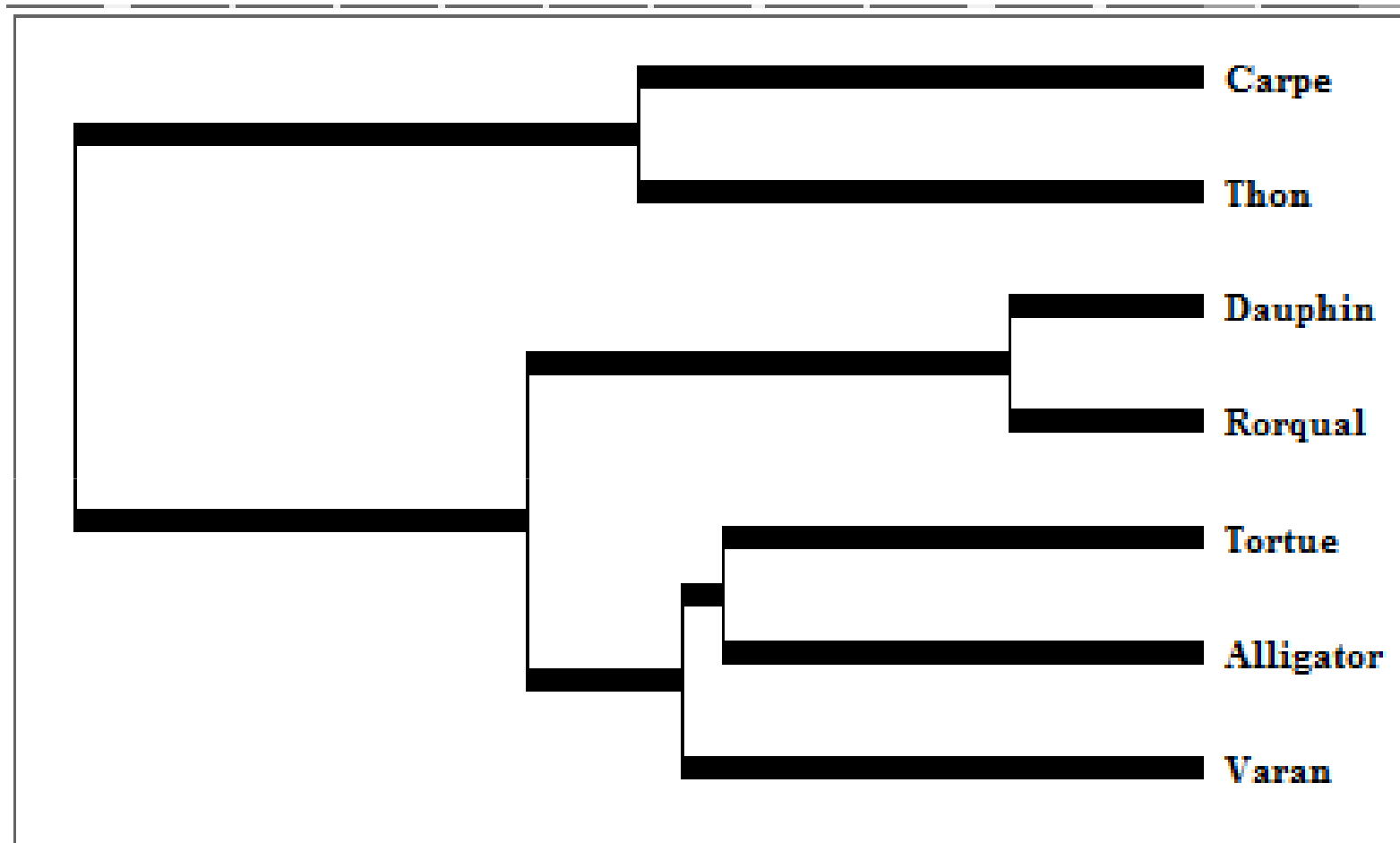
Séquence d'un gène ou de la protéine correspondante

				5			10			15			20			25			30			35			40			45			50																					
Carpe	-	-	-	-	H	D	A	E	L	V	L	K	C	W	G	G	V	E	A	D	F	E	G	T	G	G	E	V	L	T	R	L	F	K	Q	H	P	E	T	Q	K	L	F	P	K	F	V	G	I	A	S	
Thon	-	-	-	-	A	D	F	D	A	V	L	K	C	W	G	P	V	E	A	D	Y	T	T	M	G	G	L	V	L	T	R	L	F	K	E	H	P	E	T	Q	K	L	F	P	K	F	A	G	I	A	Q	
Tortue	-	G	L	S	D	D	E	W	N	H	V	L	G	I	W	A	K	V	E	P	D	L	T	A	H	G	Q	E	V	I	I	R	L	F	Q	L	H	P	E	T	Q	E	R	F	A	K	F	K	N	L	T	T
Alligator	M	E	L	S	D	Q	E	W	K	H	V	L	D	I	W	T	K	V	E	S	K	L	P	E	H	G	H	E	V	I	I	R	L	L	Q	E	H	P	E	T	Q	E	R	F	E	K	F	K	H	M	K	T
Varan	-	G	L	S	D	E	E	W	K	K	V	V	D	I	W	G	K	V	E	P	D	L	P	S	H	G	Q	E	V	I	I	R	M	F	Q	N	H	P	E	T	Q	D	R	F	A	K	F	K	N	L	K	T
Dauphin	-	G	L	S	D	G	E	W	Q	L	V	L	N	V	W	G	K	V	E	A	D	L	A	G	H	G	Q	D	V	L	I	R	L	F	K	G	H	P	E	T	L	E	K	F	D	K	F	K	H	L	K	T
Rorqual	-	V	L	T	D	A	E	W	H	L	V	L	N	I	W	A	K	V	E	A	D	V	A	G	H	G	Q	D	I	L	I	S	L	F	K	G	H	P	E	T	L	E	K	F	D	K	F	K	H	L	K	T

Utilisation de données moléculaires

	Carpe	Thon	Tortue	Alligator	Varan	Dauphin	Rorqual
Carpe	0	41	83	85	81	84	86
Thon		0	82	84	84	76	79
Tortue			0	35	35	49	48
Alligator				0	41	53	52
Varan					0	48	48
Dauphin						0	14
Rorqual							0

Utilisation de données moléculaires



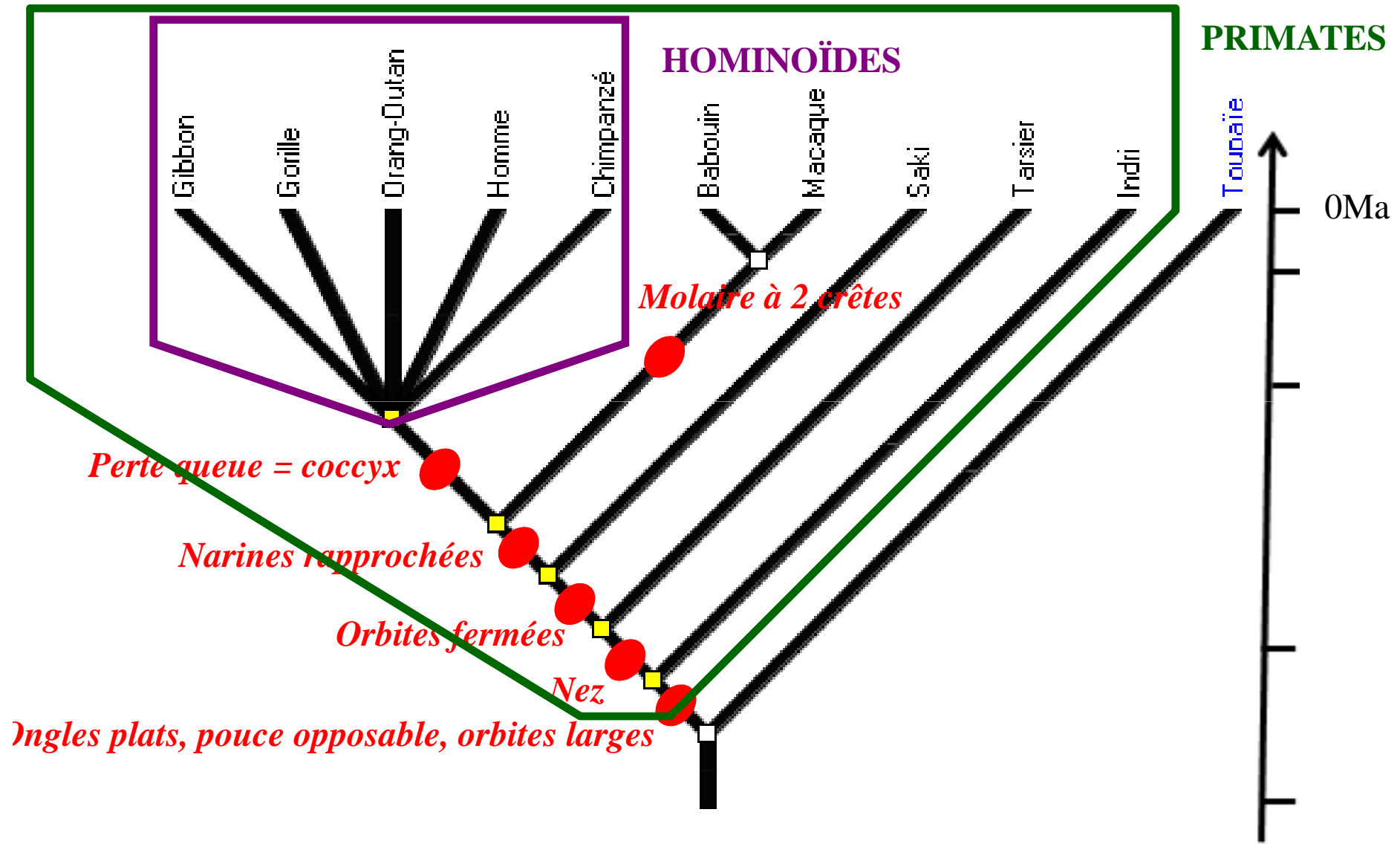
Chapitre 4 : Un regard sur l'évolution de l'homme

- 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**
- II. Le chimpanzé, parent actuel le plus proche de l'homme
 - A. Des similitudes génétiques et moléculaires
 - B. Des différences phénotypiques acquises au cours du développement pré et postnatal
- III. La diversité du rameau humain
 - A. Les caractères dérivés propres à la lignée humaine
 - B. Quelques représentants fossiles du rameau humain : une phylogénie controversée.

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



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

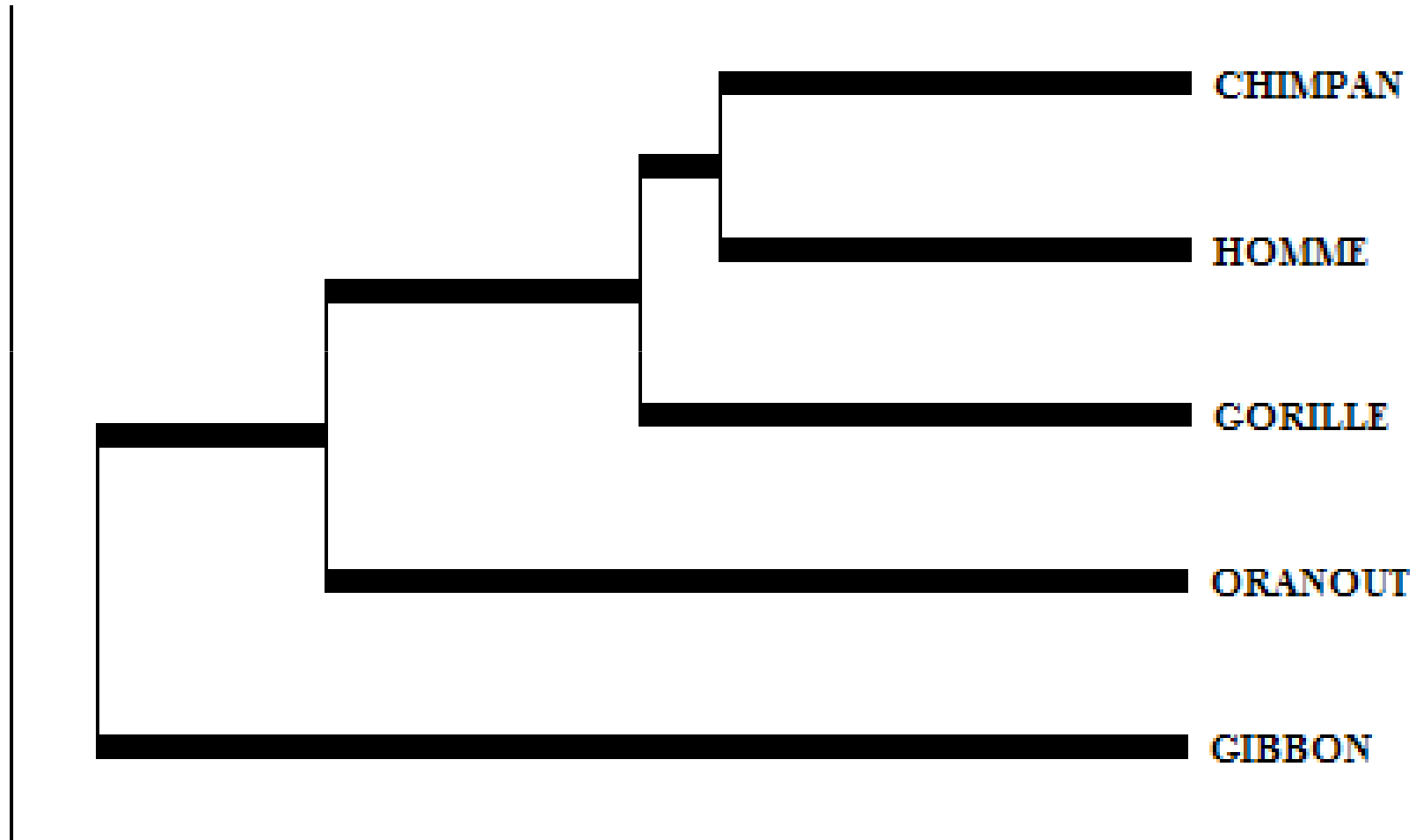
Comparaison de la séquence d'acides aminés d'une enzyme : la cycloxydase

				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	

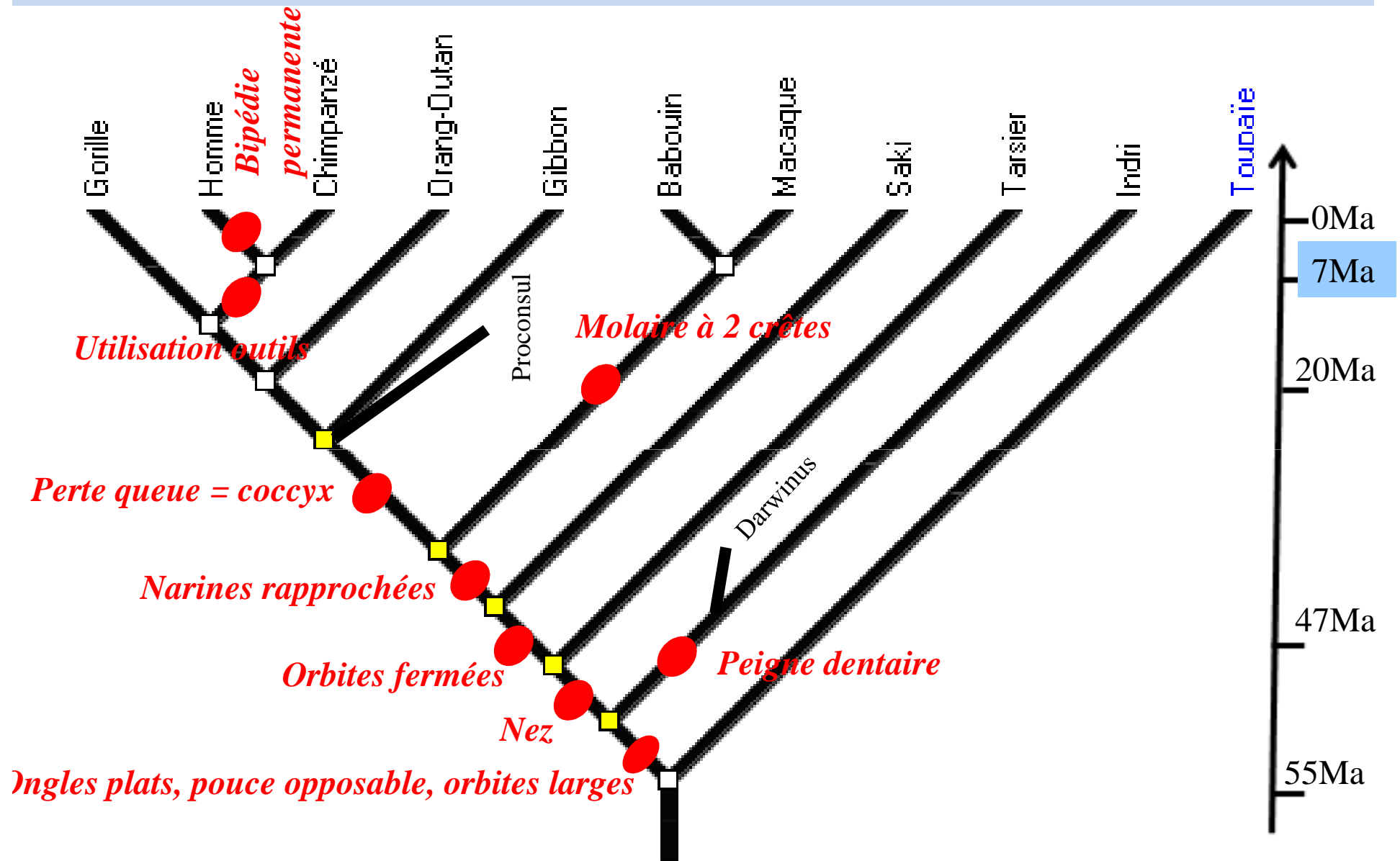
Utilisation de données moléculaires pour préciser la place de l'homme parmi les hominoïdes

	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



Histoire évolutive des primates



L'Homme et le Chimpanzé partagent un ancêtre commun récent



Chapitre 4 : 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

II. Le chimpanzé, parent actuel le plus proche de l'homme

A. Des similitudes génétiques et moléculaires

B. Des différences phénotypiques acquises au cours du développement pré et postnatal

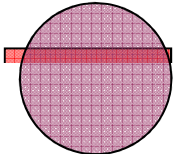
III. La diversité du rameau humain

A. Les caractères dérivés propres à la lignée humaine

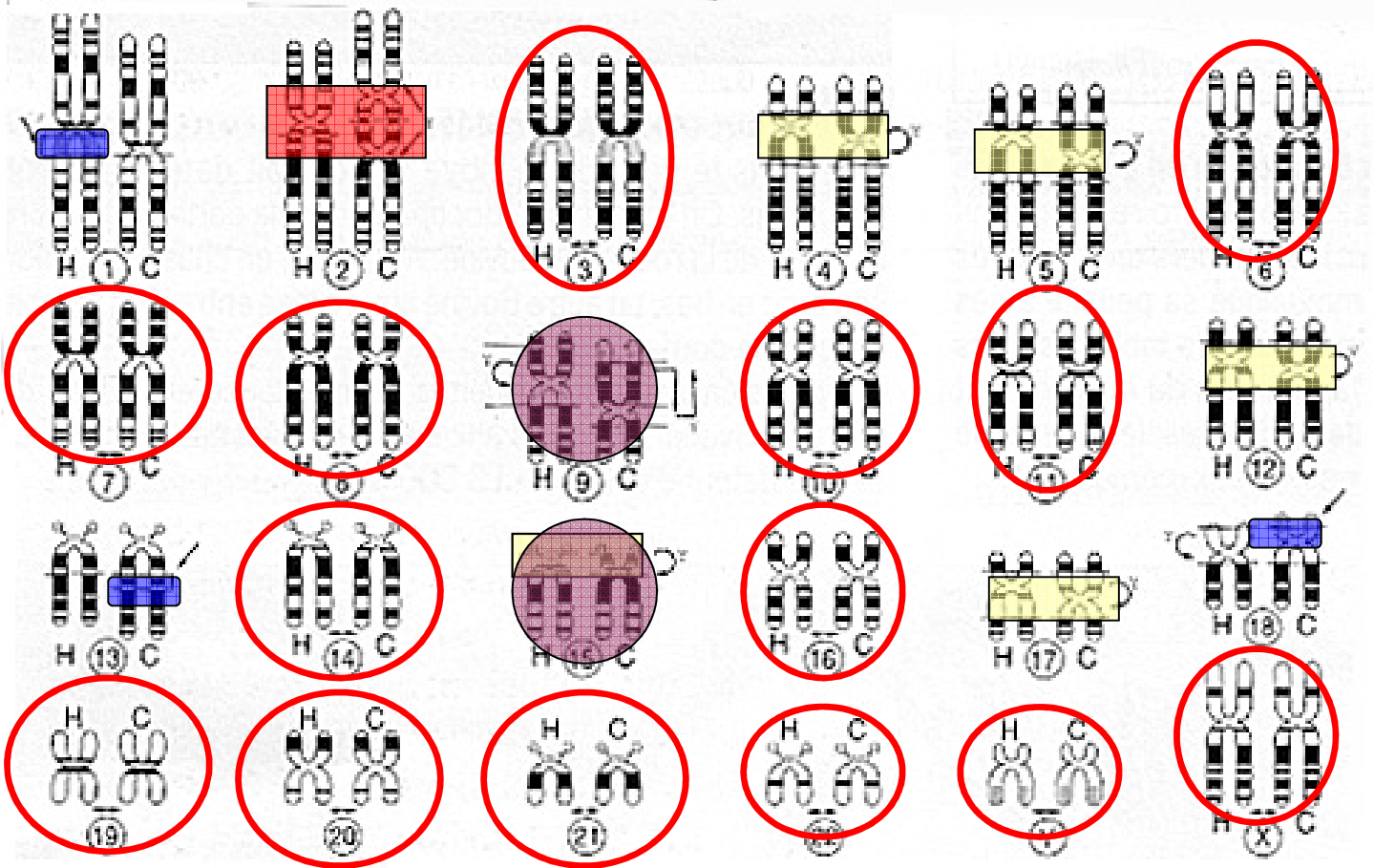
B. Quelques représentants fossiles du rameau humain : une phylogénie controversée.

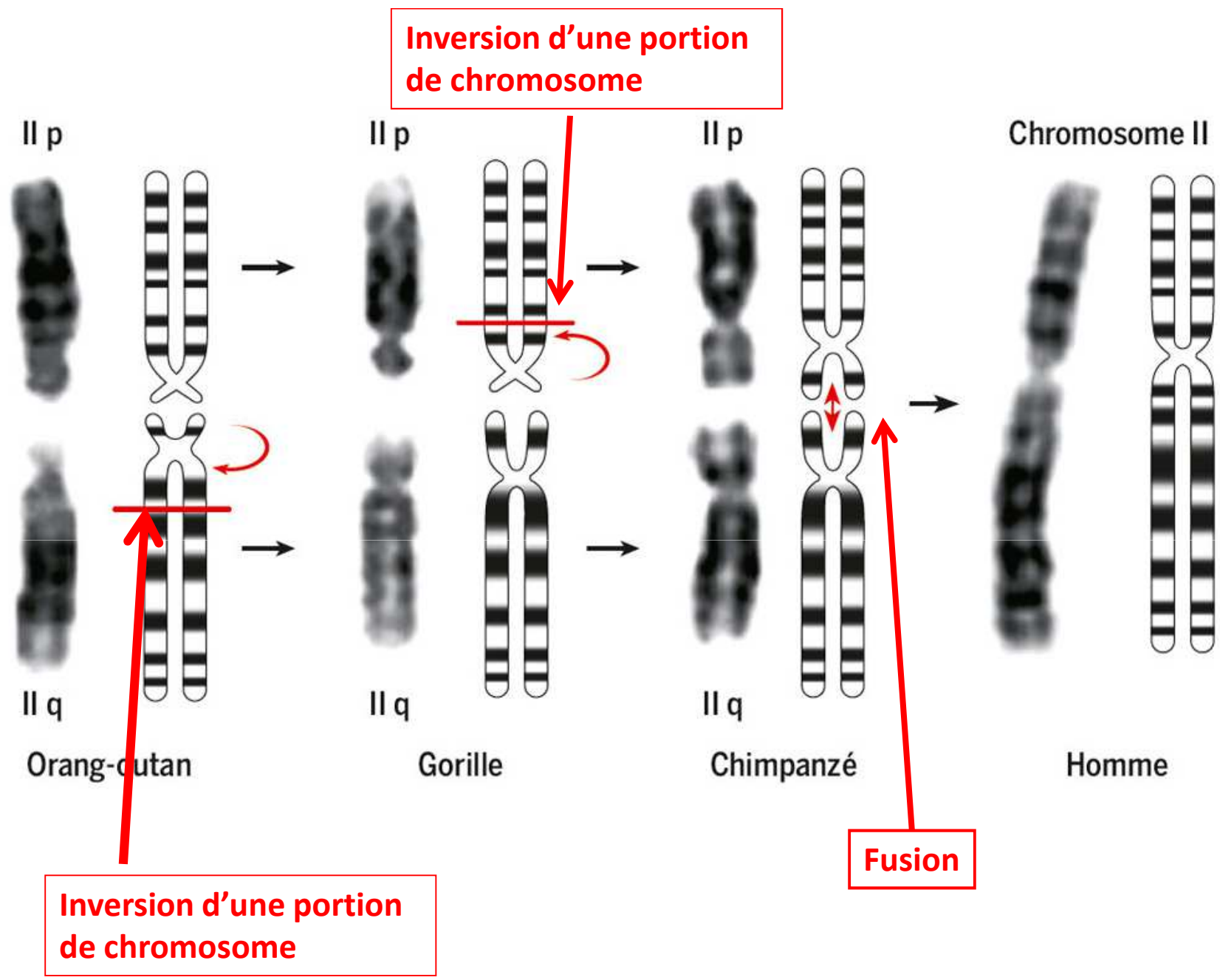
- Comparaison des caryotypes
- Comparaison des génomes

Comparaison des caryotypes de l'Homme et du Chimpanzé



Modifications complexes





- Comparaison des caryotypes
- 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 %.

Chapitre 4 : 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

II. Le chimpanzé, parent actuel le plus proche de l'homme

A. Des similitudes génétiques et moléculaires

B. Des différences phénotypiques acquises au cours du développement pré et postnatal

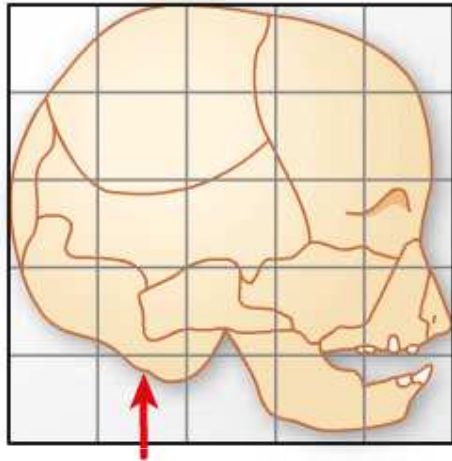
III. La diversité du rameau humain

A. Les caractères dérivés propres à la lignée humaine

B. Quelques représentants fossiles du rameau humain : une phylogénie controversée.

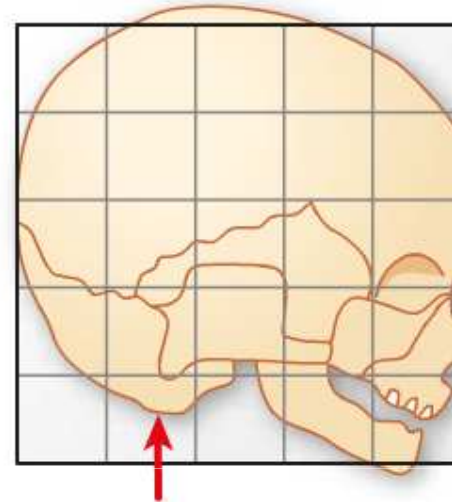
Le développement du crâne chez l'homme et le chimpanzé

CHIMPANZÉ

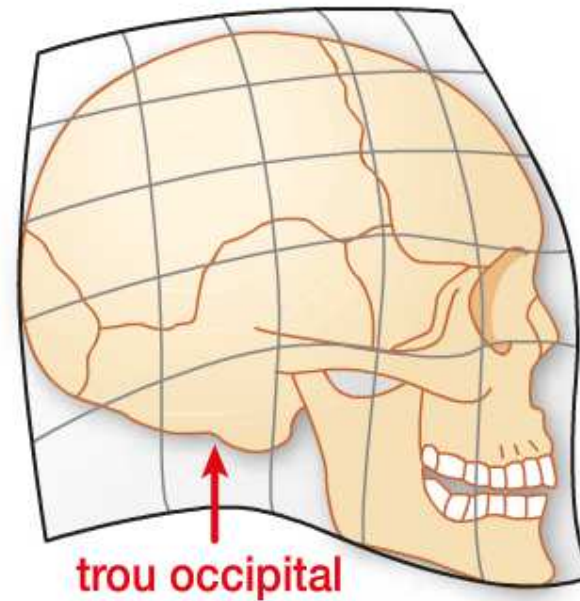
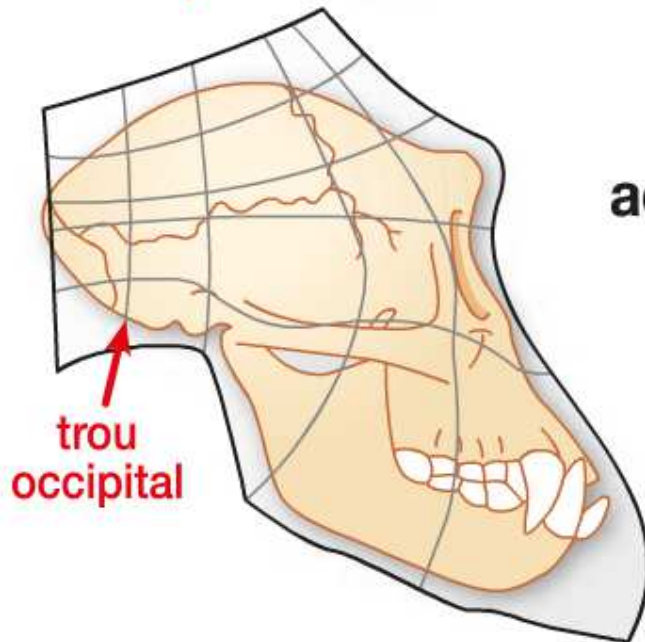


foetus

HOMME



adulte



Chronologie comparée du développement

CHIMPANZÉ

multiplication des neurones*

2 semaines
8 semaines

naissance →

- bipédie temporaire,
- migration du trou occipital et étirement du crâne vers l'arrière

1^{re} molaire définitive →

- quadrupédie dominante
- projection de la mâchoire vers l'avant,
- apparition des crocs

maturité sexuelle →

fin de la croissance

* *Durant la phase embryonnaire, les cellules nerveuses se multiplient à raison de 5 000 neurones par seconde.*

- phase embryonnaire
- phase fœtale
- phase lactéale (dentition de lait)

- phase de substitution (dentition définitive)
- adolescence et âge adulte

HOMME

multiplication des neurones

naissance →

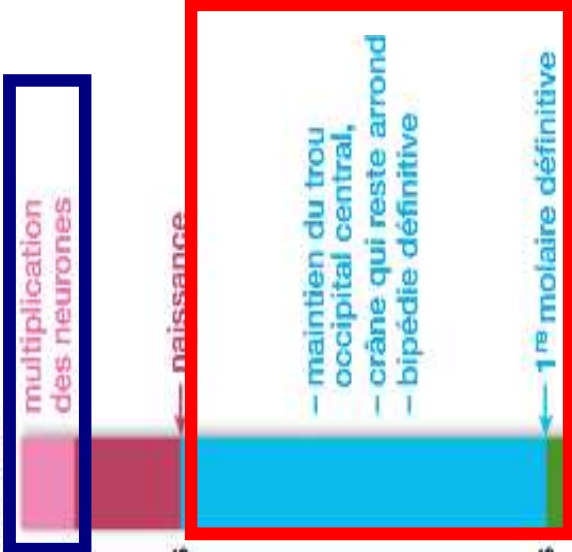
- maintien du trou occipital central,
- crâne qui reste arrondi
- bipédie définitive

1^{re} molaire définitive

- maintien d'une face plane (allongement vers le bas),
- formation du menton

maturité sexuelle

fin de la croissance



Une mutation d'un gène de développement

Chez l'Homme, certaines mutations d'un gène (appelé gène ASPM) entraînent une anomalie du développement cérébral se traduisant par une microcéphalie : le cortex cérébral est réduit à 30 % de son volume normal. En effet, la protéine produite par ce gène détermine, pour les cellules souches corticales, la durée de la phase de multiplication.

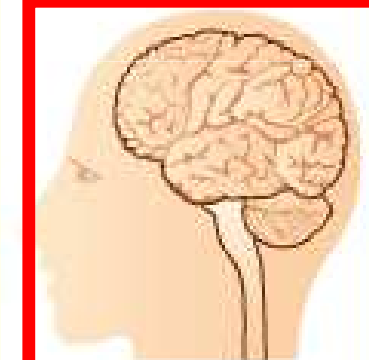
Des comparaisons génétiques ont montré que le gène ASPM fait partie des gènes qui ont connu une évolution récente dans l'histoire de la lignée humaine. Cependant, l'impact réel de la mutation de ce gène dans les processus évolutifs n'a pas été démontré. Beaucoup d'autres gènes sont exprimés différemment chez l'Homme et chez le Chimpanzé : il serait vain de



rechercher quelques gènes dont l'impact suffirait à eux seuls à expliquer ce qui distingue l'Homme du Chimpanzé.



développement normal



microcéphalie

Doc. 2 L'effet de la mutation d'un gène contrôlant le développement.

Une mutation d'un gène de développement



développement normal

Mutations du gène ASPM



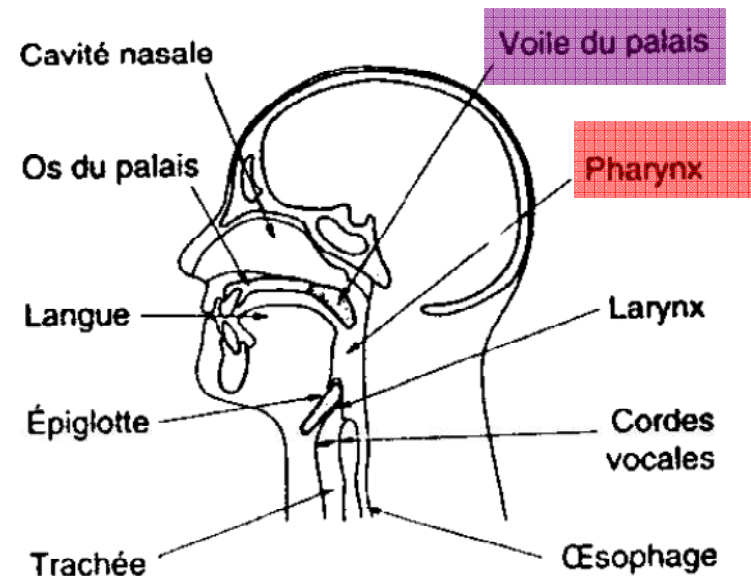
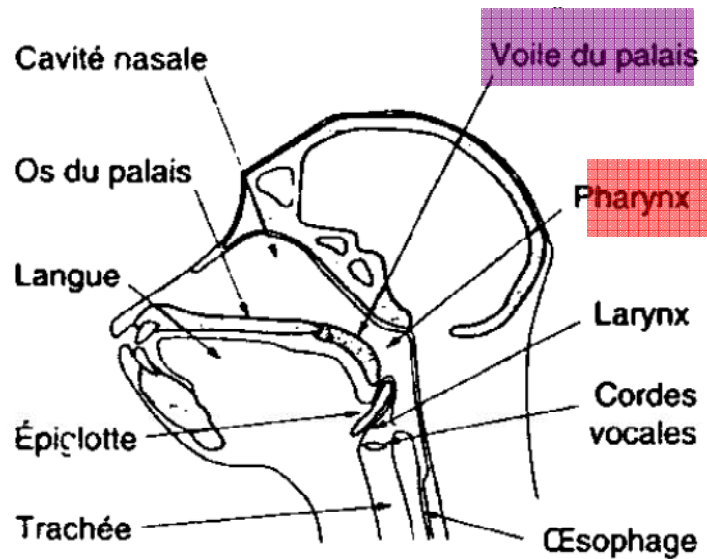
Protéine élaborée détermine la durée de la multiplication des cellules souches du cortex



microcéphalie

Le développement est sous contrôle génétique

L'existence d'un langage articulé



Chez l'homme le pharynx est suffisamment grand pour permettre la modulation des sons et permettre un langage articulé

L'existence d'un langage articulé



Acquisition du langage:

- **Facteurs génétiques**

Exemple gène FOX P2

- **Interaction avec les autres**



Chapitre 4 : 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
- II. Le chimpanzé, parent actuel le plus proche de l'homme
 - A. Des similitudes génétiques et moléculaires
 - B. Des différences phénotypiques acquises au cours du développement pré et postnatal
- III. La diversité du rameau humain
 - A. Les caractères dérivés propres au rameau humain
 - B. Quelques représentants fossiles du rameau humain : une phylogénie controversée.

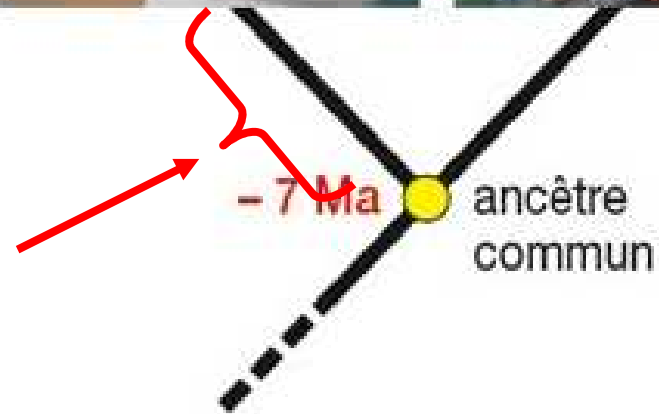
Intérêt de la comparaison Homme / Chimpanzé







Fossile présentant au moins un des caractères dérivés propres aux humains

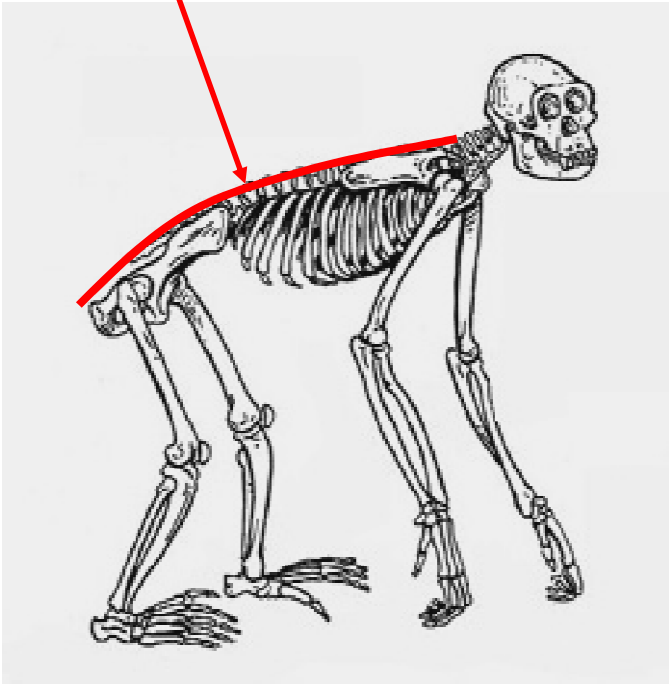


Caractères liés à la bipédie

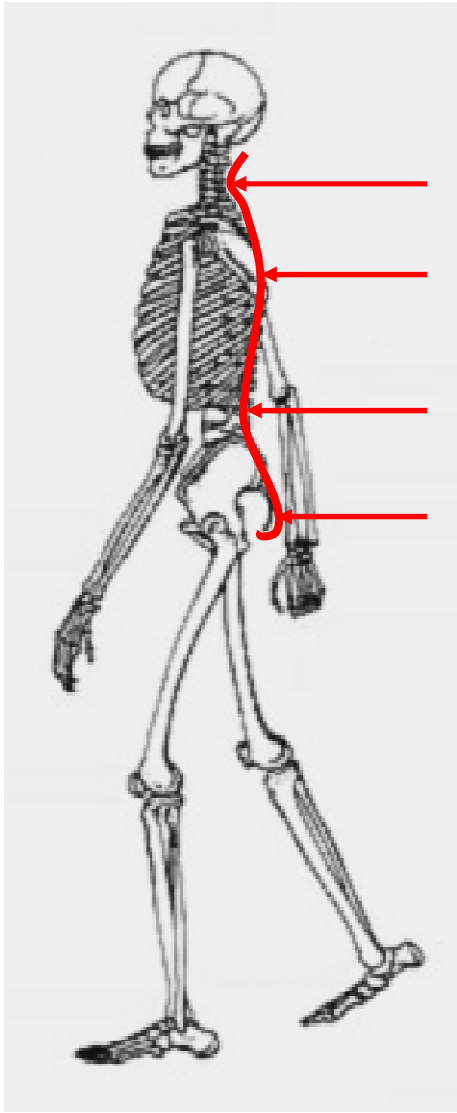
La colonne vertébrale

Les membres

1 seule courbure



chimpanzé



4 courbures

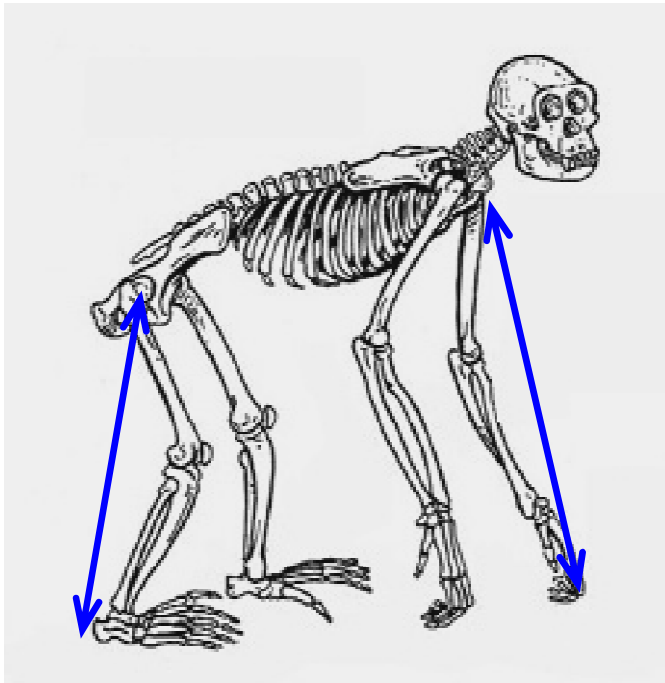
homme

La colonne vertébrale

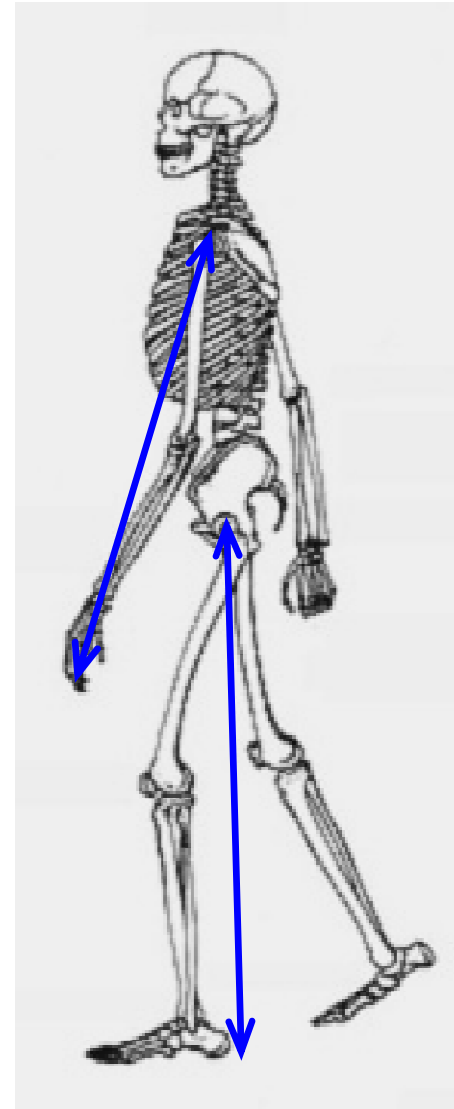
Les membres

Allongement du membre postérieur par rapport au membre antérieur

Membres supérieurs plus grands que les membres inférieurs

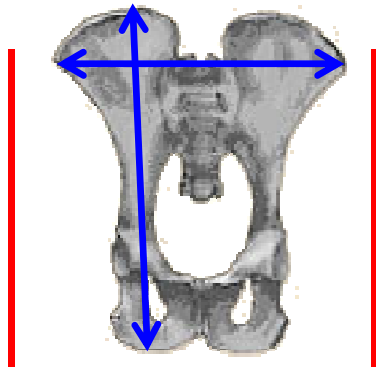


chimpanzé

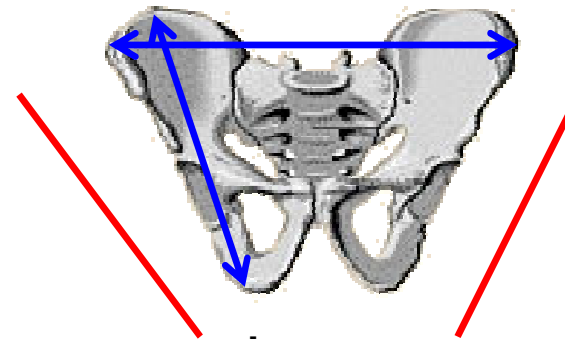


homme

Le bassin



chimpanzé



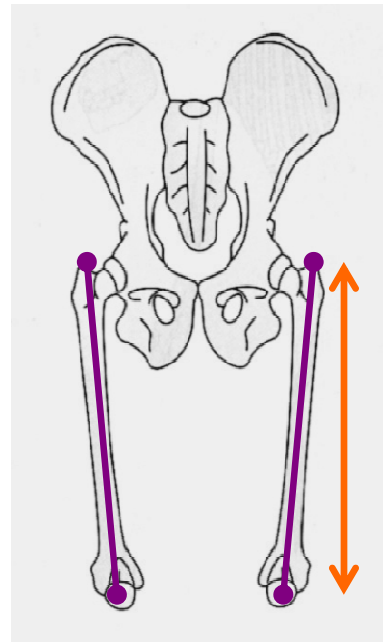
homme

Le bassin de l'homme est :

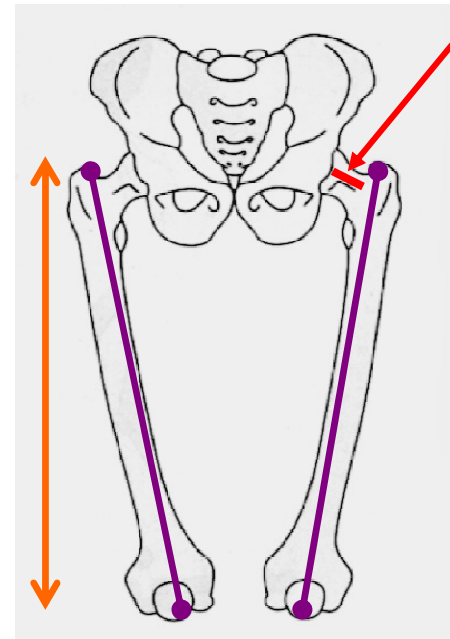
- court
- large
- évasé (en forme de corbeille)

Le fémur

chimpanzé



homme



Col du fémur

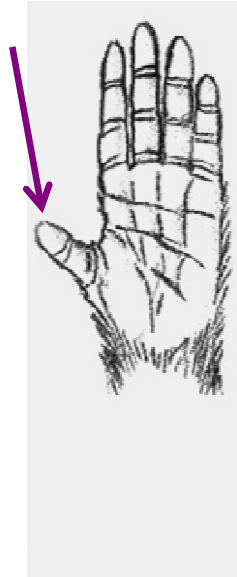


Le fémur est plus long et oblique par rapport à l'axe du corps

Le col du fémur est plus long

La main

Mouvement du poignet 90 °



chimpanzé

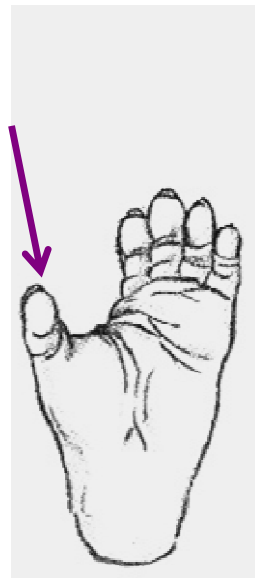


homme

Main préhensile (rotation du poignet 180°)

Organe du toucher

Le pied



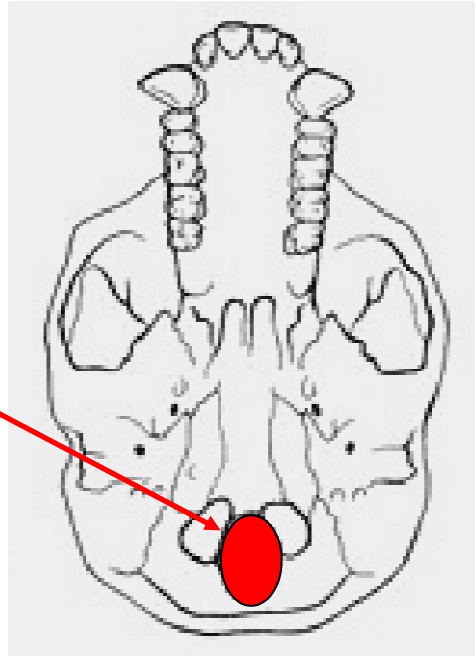
Orteil parallèle aux autres doigts : le pied n'est plus préhensile

Voûte plantaire

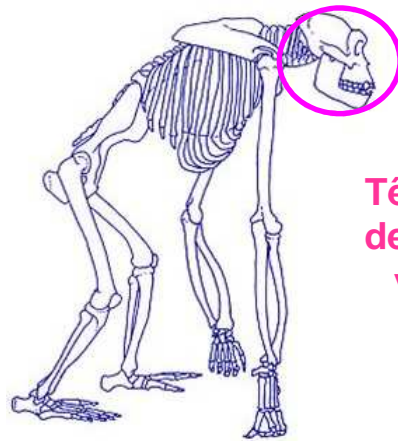


Trou occipital

Trou occipital en position reculée

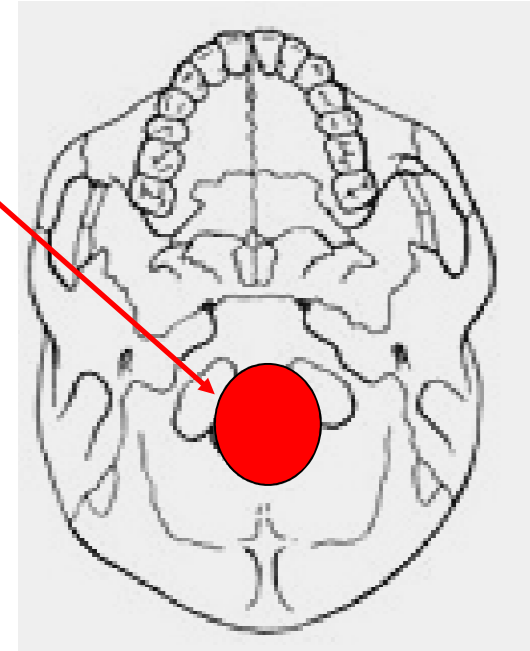


chimpanzé

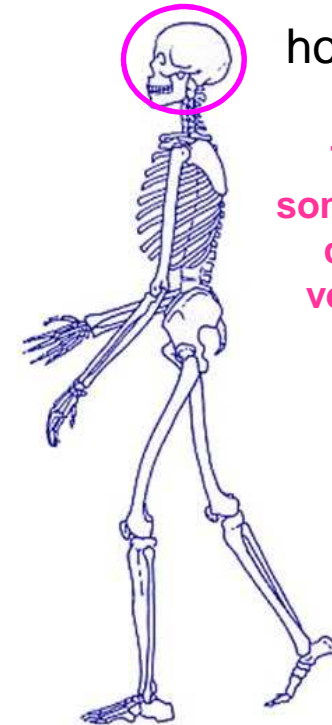


Tête en avant de la colonne vertébrale

Trou occipital en position avancée



homme

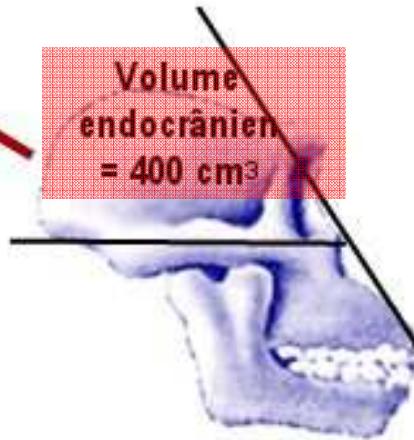
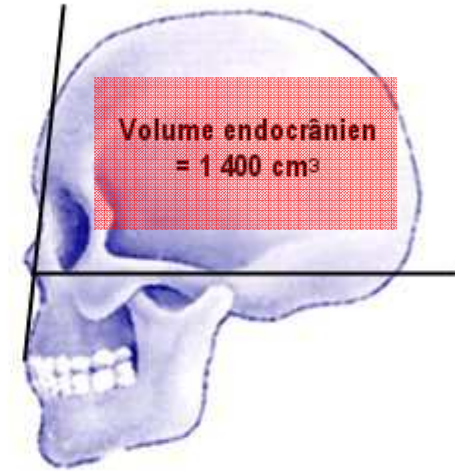
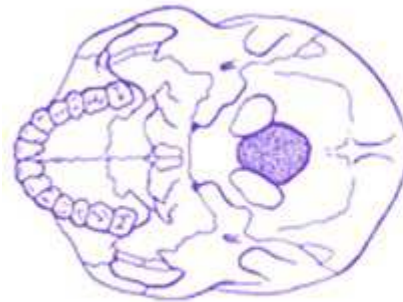


Tête au sommet de la colonne vertébrale

Caractères spécifiques du crâne et de la mâchoire

Le crâne

homme



chimpanzé

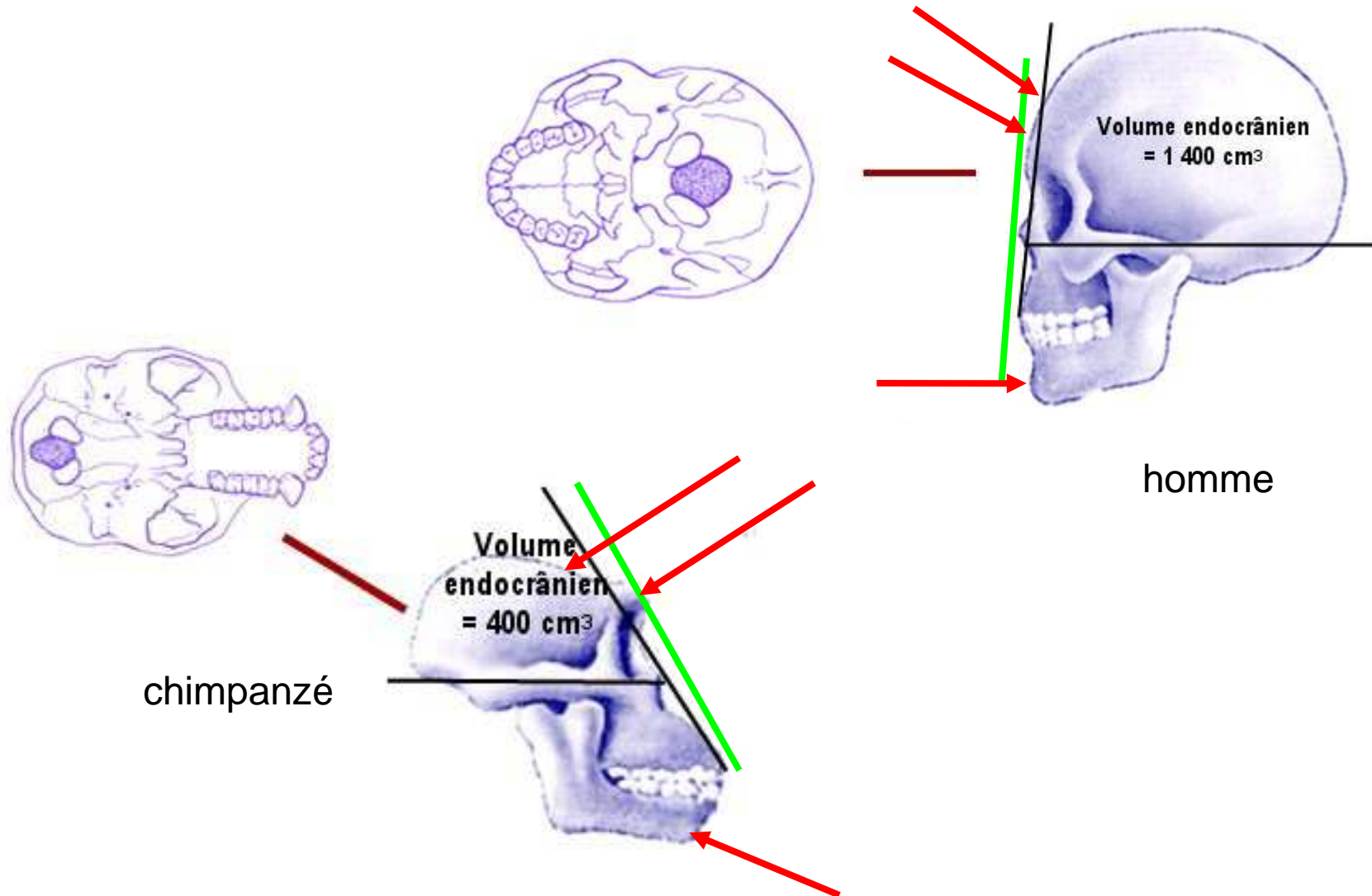
Volume crânien élevé

Région crânienne développée vers le haut et l'arrière

La face

Face presque plate = orthognathisme
Front plat

Absence de bourrelets sus-orbitaires
menton

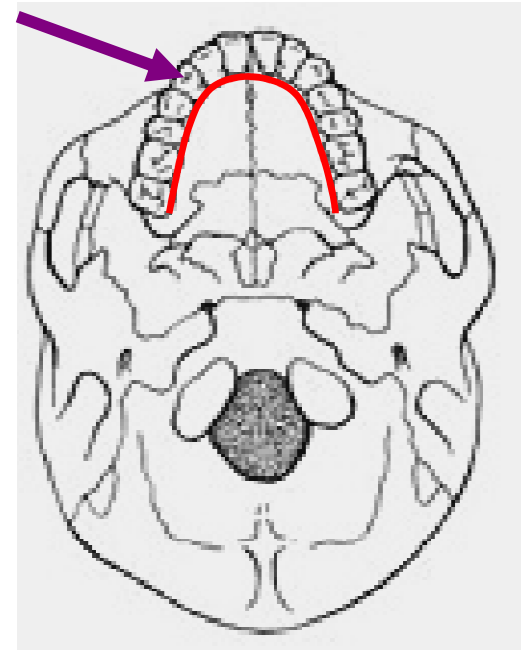
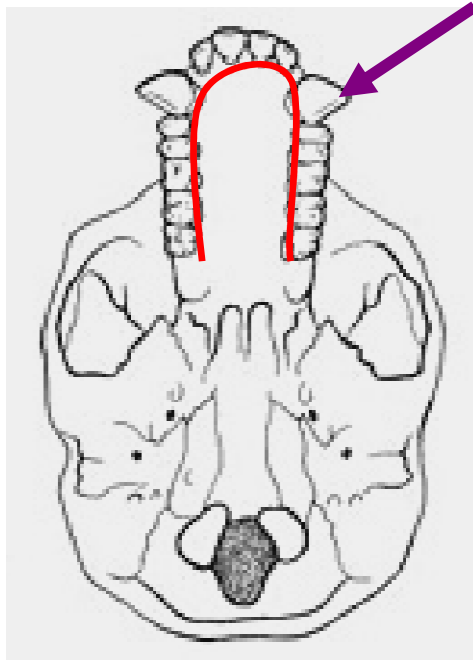


denture

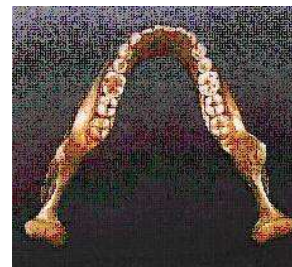
Arcade dentaire parabolique (en V)

Dents serrées, peu différenciées de petite taille

Email épais



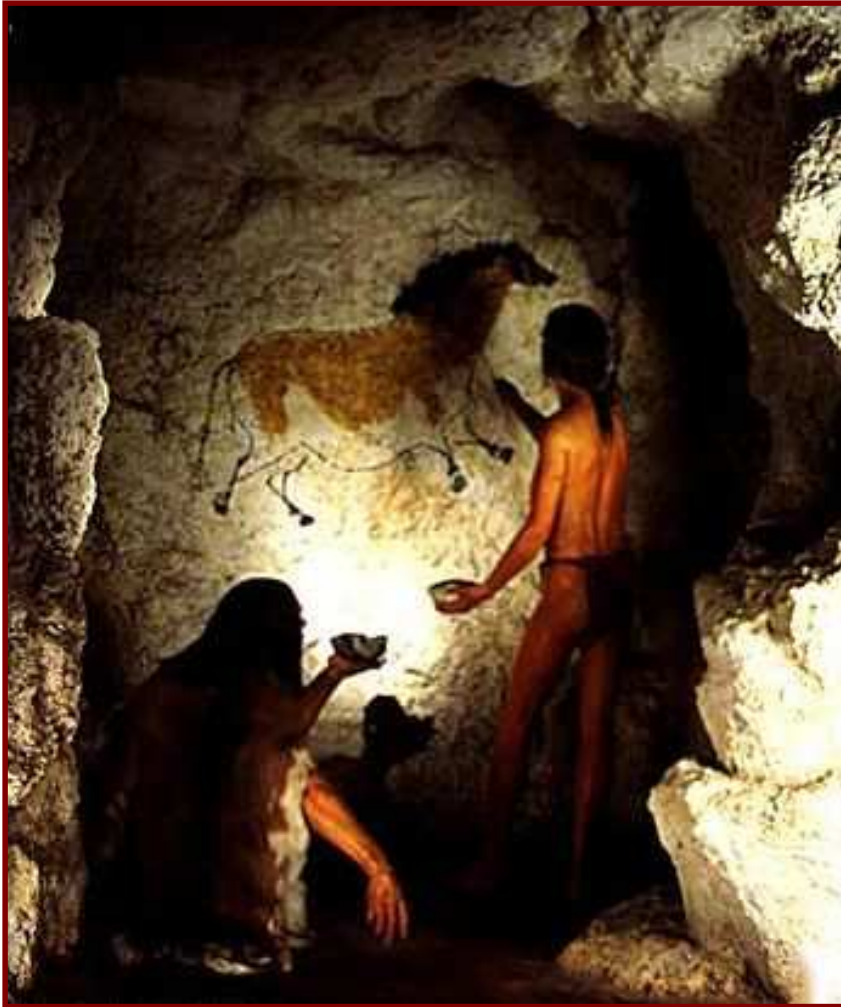
chimpanzé



homme

Activités sociales et culturelles

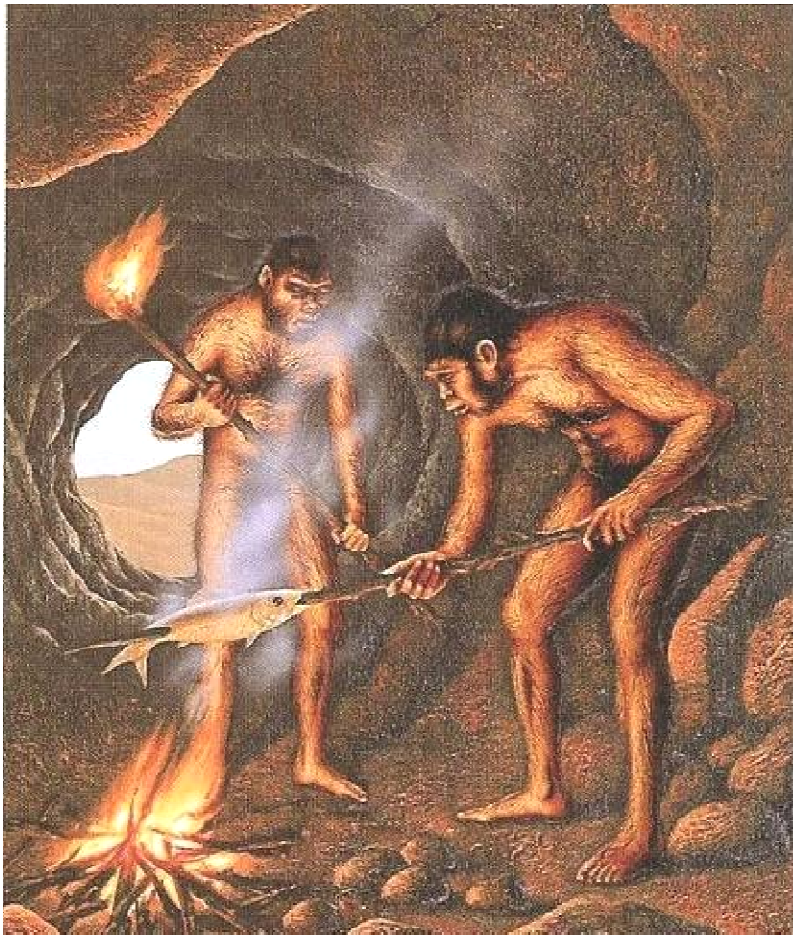
Activité culturelle



Invention de l'art



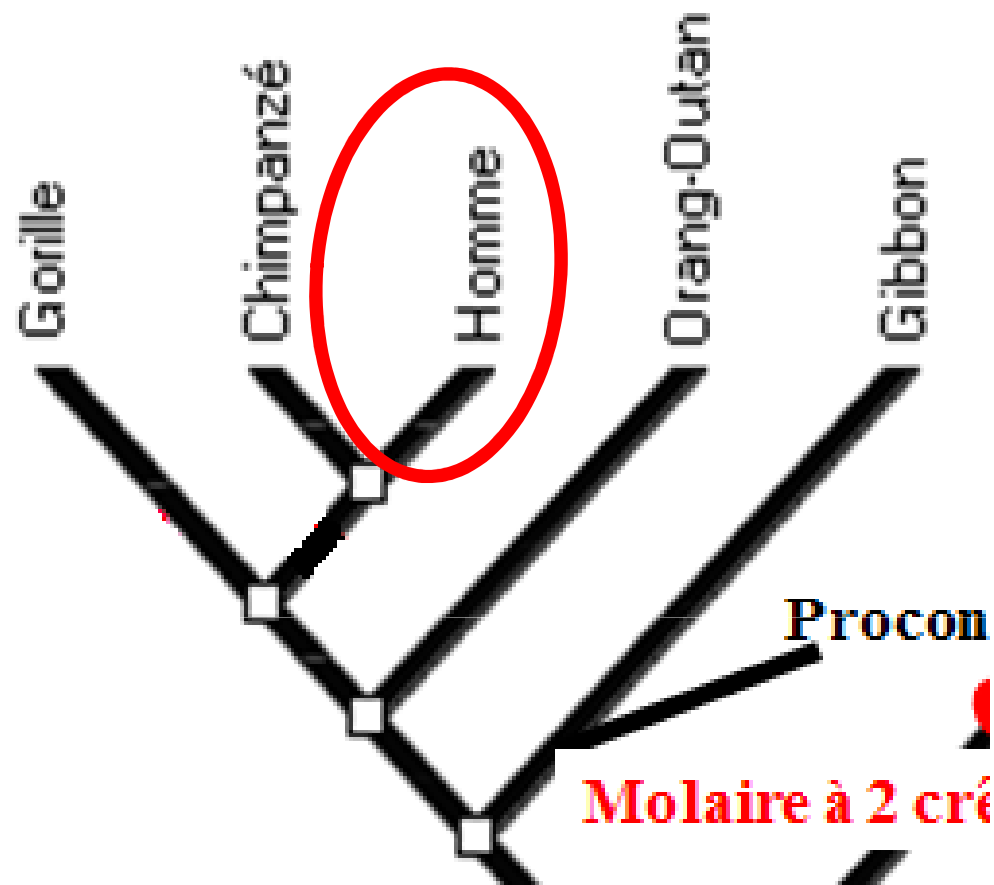
Conscience de la mort



Maîtrise du feu



Outils perfectionnés



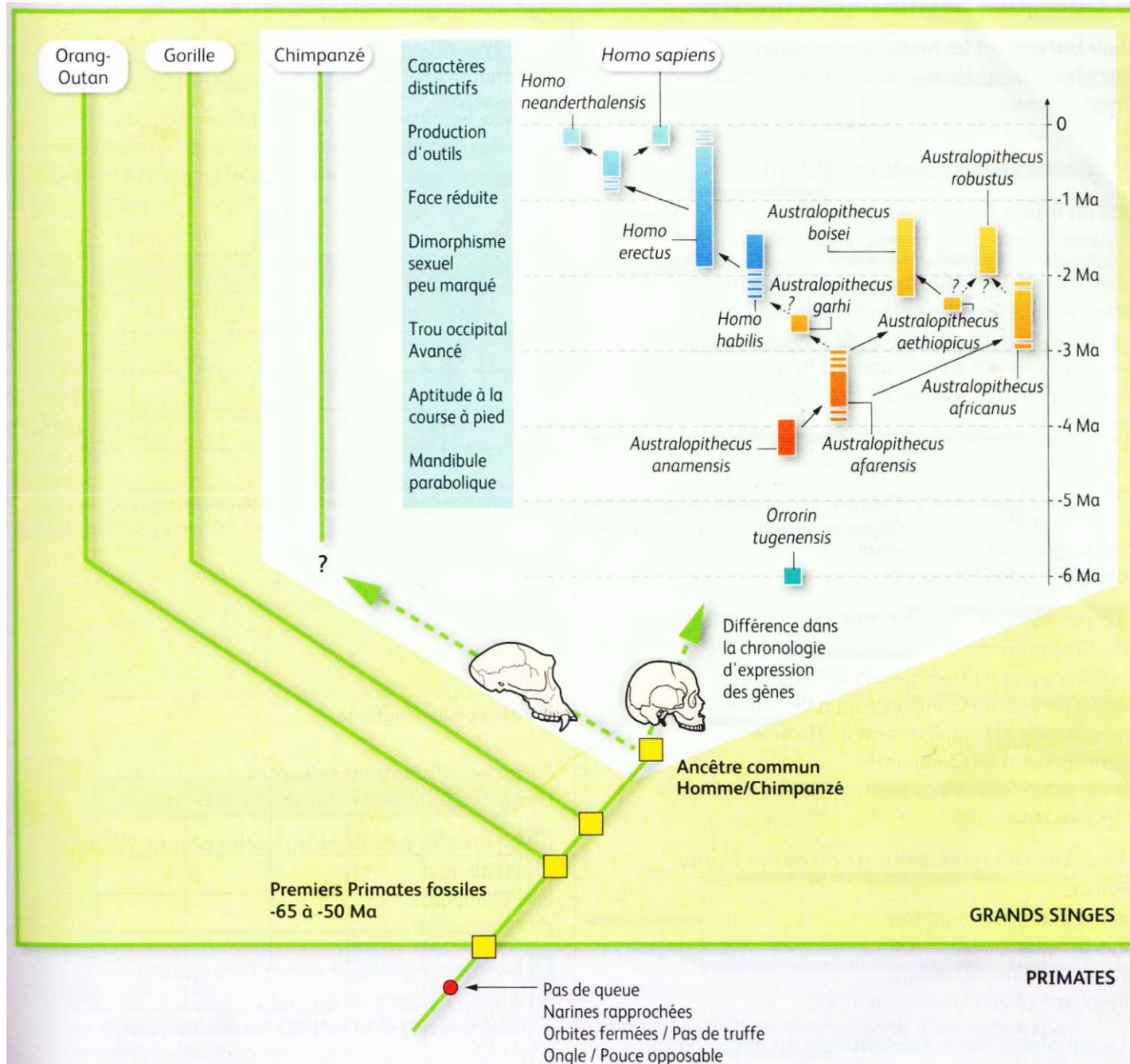
Tout fossile qui possède au moins un caractère dérivé spécifique à l'Homme appartient au rameau Humain.

Chapitre 4 : 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
- II. Le chimpanzé, parent actuel le plus proche de l'homme
 - A. Des similitudes génétiques et moléculaires
 - B. Des différences phénotypiques acquises au cours du développement pré et postnatal
- III. La diversité du rameau humain
 - A. Les caractères dérivés propres à la lignée humaine
 - B. Quelques représentants du rameau humain : une phylogénie controversée.

- De -4.5 à -1 Ma, les australopithèques
- De -2Ma à aujourd'hui : le genre Homo
- Une phylogénie controversée

Histoire évolutive du rameau humain



Les Australopithèques

4,5 MA → 1 MA

Différentes espèces ont été décrites :

Les Australopithèques « graciles »

A. anamensis

A. Afarensis (Lucy)

A. africanus

A. garhi

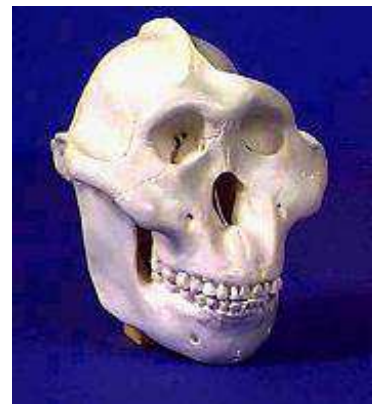
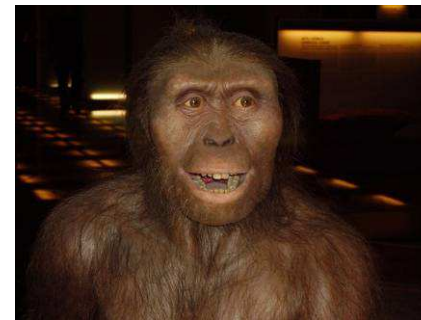
A. Bahrelghazali (Abel)

Les Australopithèques « robustes » :
Paranthropus

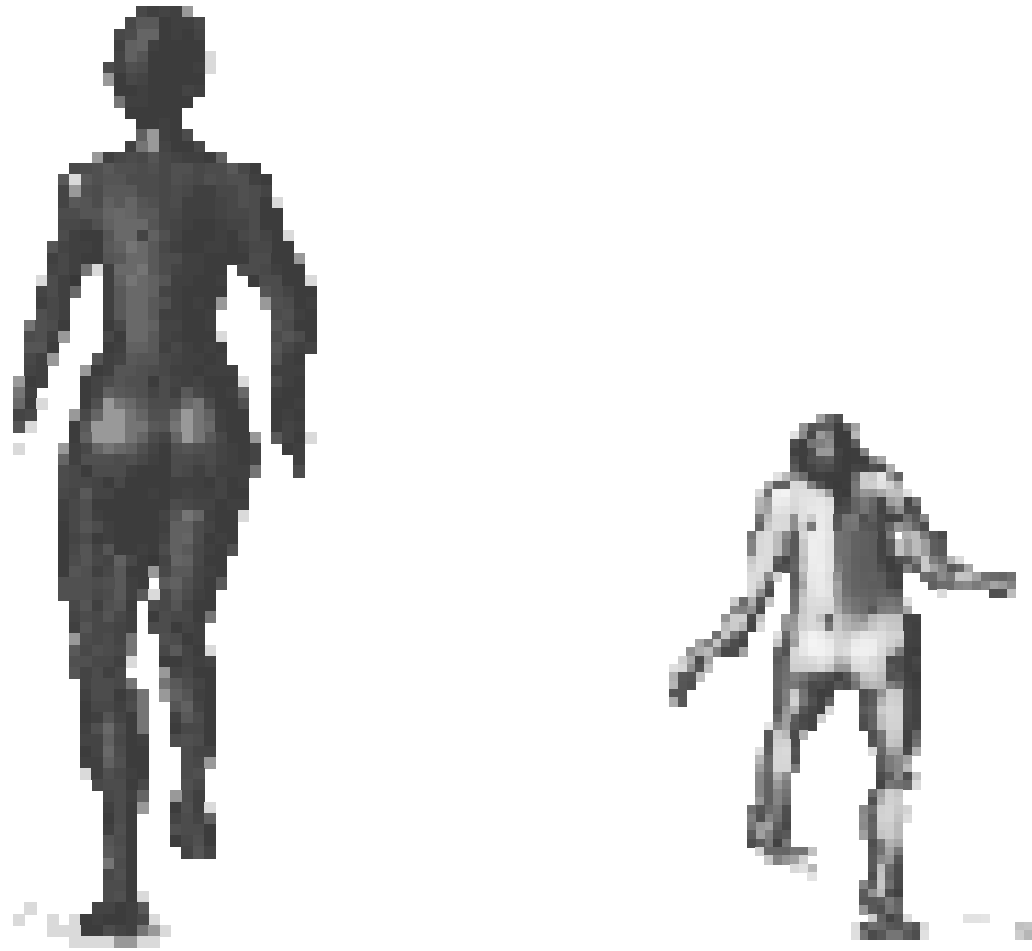
P. aethiopicus

P. bosei

P. robustus



Les Australopithèques



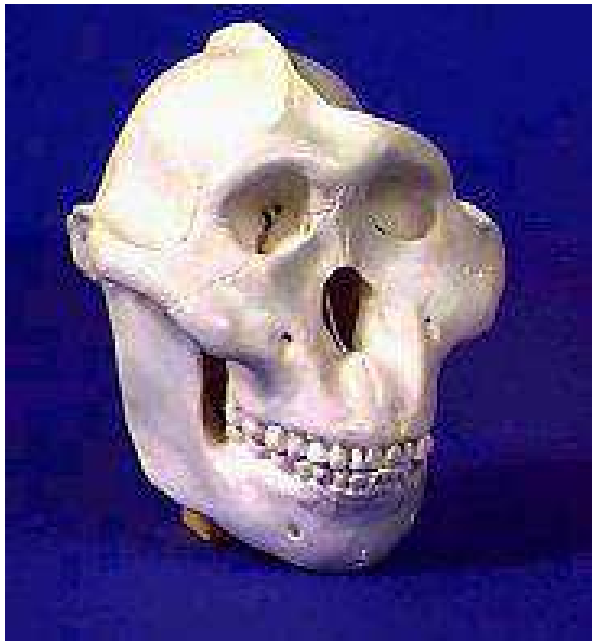
Bipédie permanente mais imparfaite

Les Australopithèques

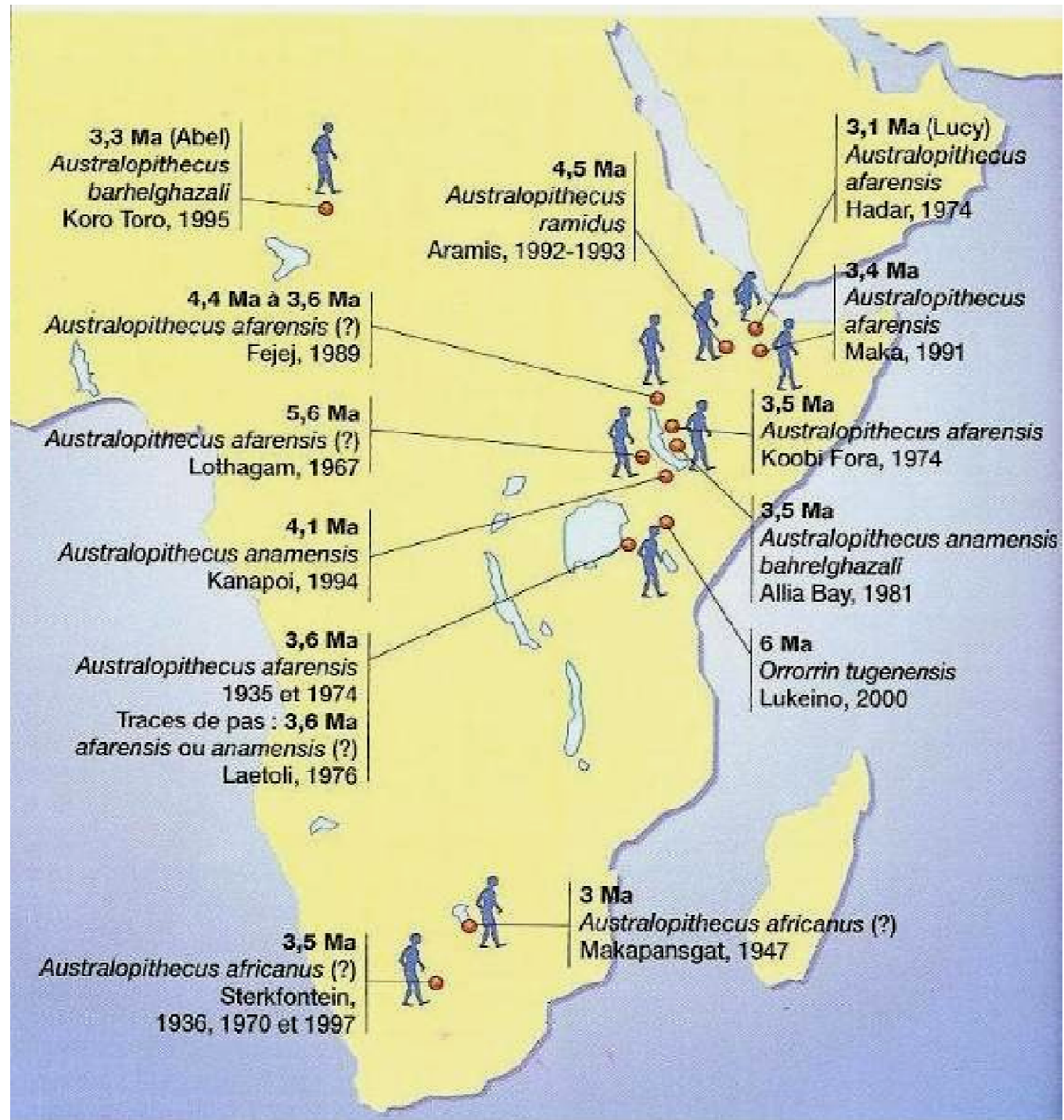
4,5 MA → 1 MA

Face projetée vers l'avant
(prognathe)

Capacité crânienne réduite

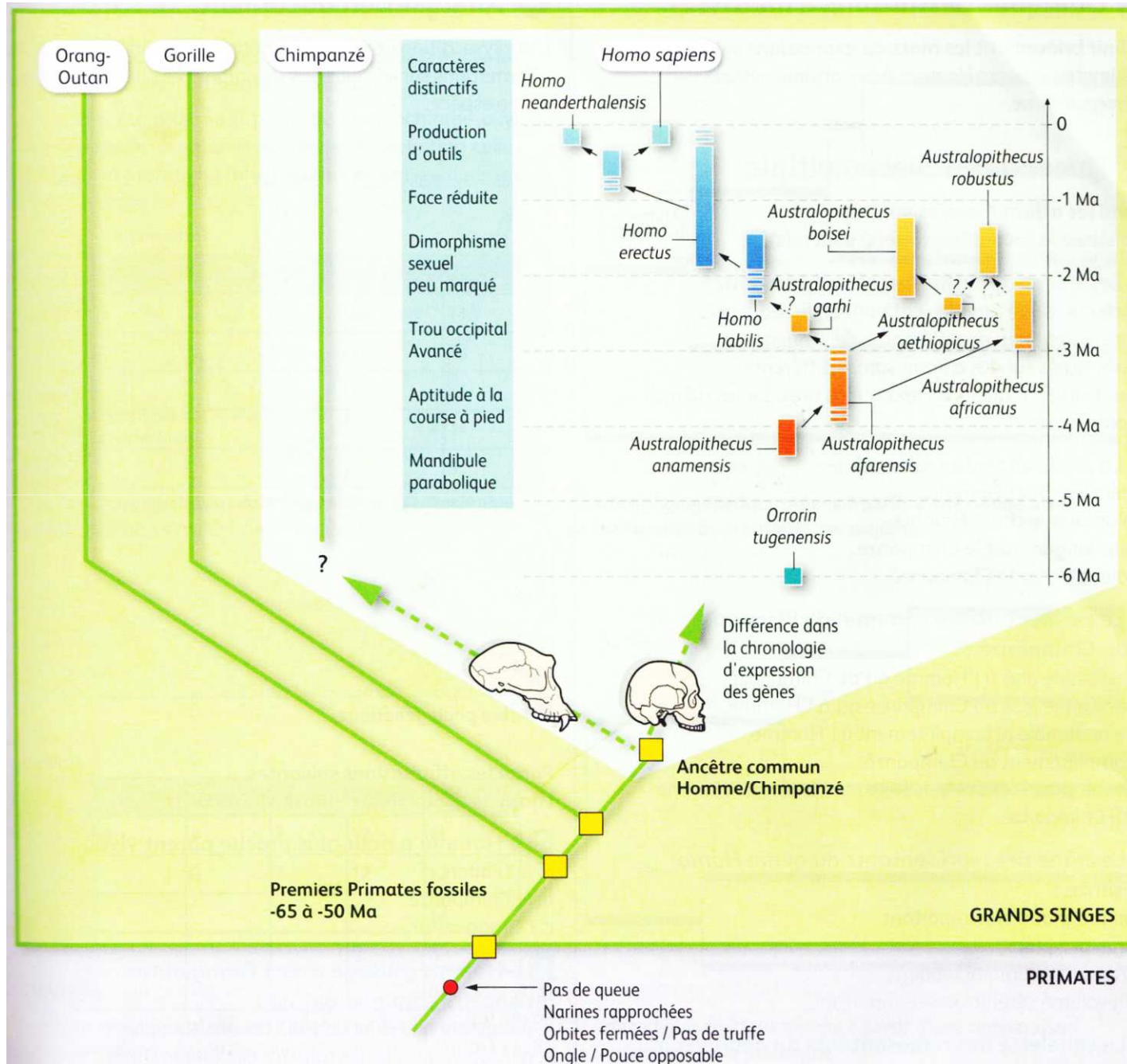


Répartition



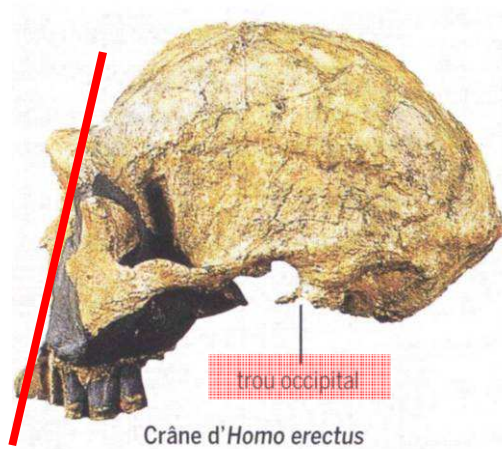
- De -4.5 à -1 Ma, les australopithèques
- De -2Ma à aujourd'hui : le genre Homo
- Une phylogénie controversée

Histoire évolutive du rameau humain



Caractéristiques du genre Homo

-2.5 Ma → actuel



Bipédie plus élaborée

Face réduite

Capacité crânienne importante

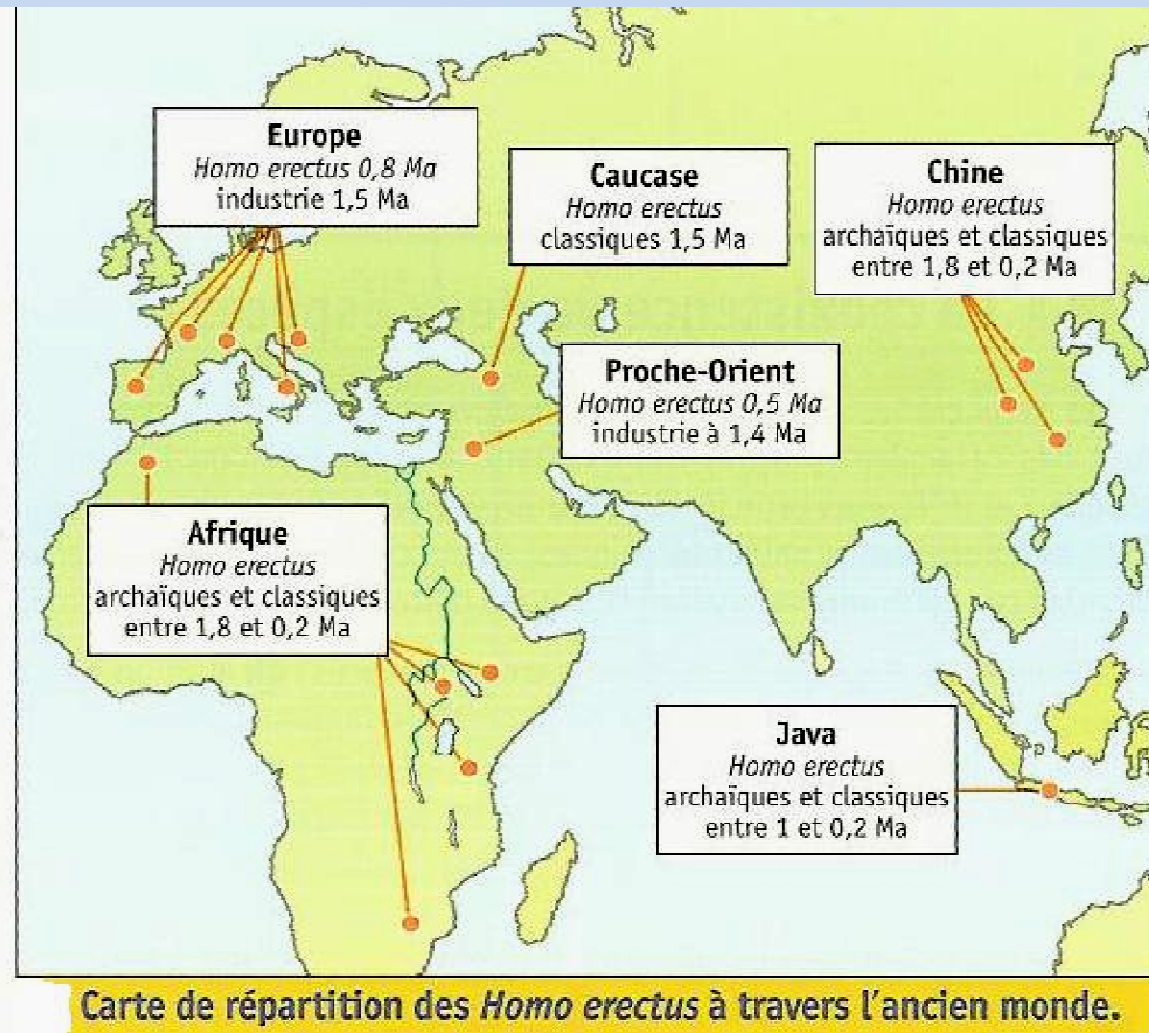
Mandibule en V

Production d'outils complexes

Pratiques culturelles

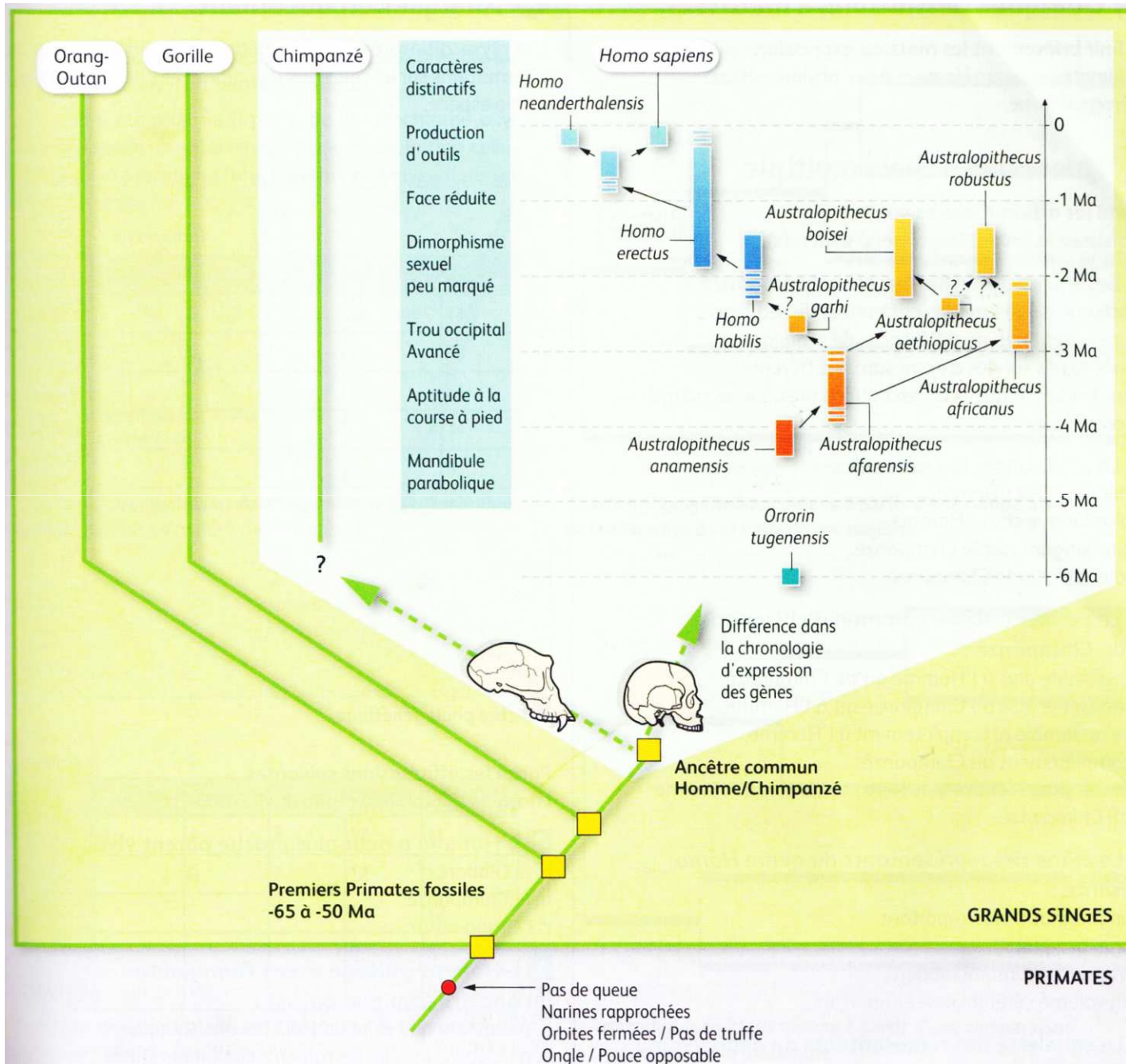


Caractéristiques du genre Homo



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

Caractère buissonnant du rameau humain



Homme de neanderthal

Ont peuplé l'Europe de **110 000 à 30 000 ans**.

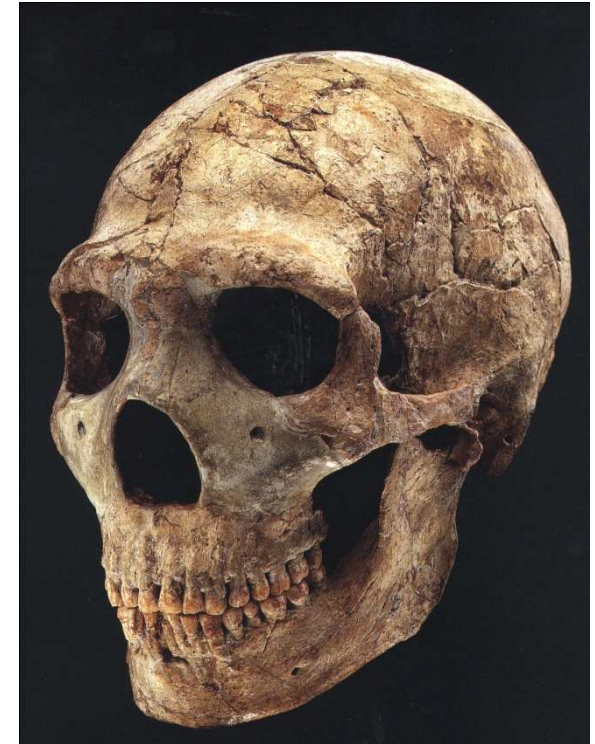
Corps trapu (membres courts), robuste 1,70 m pour 70 à 90 Kg, très musclé.

Capacité crânienne environ **15% plus grande** que celle de l'*Homo sapiens* : **1500 à 1750 cm³**.

Adaptés aux conditions glaciaires de l'Europe de cette époque (glaciations successives).

Outillage varié

Pratique des rites funéraires



Homme de neanderthal

L'homme de Neandertal se caractérise par une morphologie robuste et un volume cérébral supérieur à l'Homme actuel. Il façonne des bifaces très finement taillés, travaille aussi les éclats pour faire des racloirs et des pointes, ainsi que l'os et l'ivoire. La découverte de sépultures révèle l'existence de rites funéraires.

Les néandertaliens ne sont connus qu'en Eurasie, probablement isolés d'autres populations par les grandes glaciations. Ils disparaissent d'Europe il y a 30 000 ans, probablement supplantés par des migrations d'*Homo sapiens*.

Le séquençage partiel du génome de l'homme de Neandertal (réalisé en 2010 à partir de trois petits fragments d'os) contredit une étude précédente : 1 à 4 % du génome des néandertaliens se retrouverait dans les populations actuelles européennes et asiatiques (mais est totalement absent chez les Africains). Ainsi, il y aurait eu un flux limité de gènes de Neandertal vers l'homme moderne. Les chercheurs ont aussi identifié plusieurs dizaines d'évolutions génétiques présentes chez l'homme moderne, mais qui n'existent pas chez les néandertaliens.



Crâne d'*Homo neandertalensis*
(La Ferrassie)

Doc. 4 *Homo sapiens* et *Homo neandertalensis* : des relations incertaines.

Homo sapiens (homme de Cro Magnon)

Absence de prognathisme

Angle facial élevé (proche de 90 °)

Absence de bourrelets sus orbitaires

Présence d'un véritable front

Présence d'un menton

Capacité crânienne importante (1400 cm³)

Mâchoire assez fine

Taille de 1m 70

Outillage très complexe et de plus en plus fin

Pratique d'activités artistiques

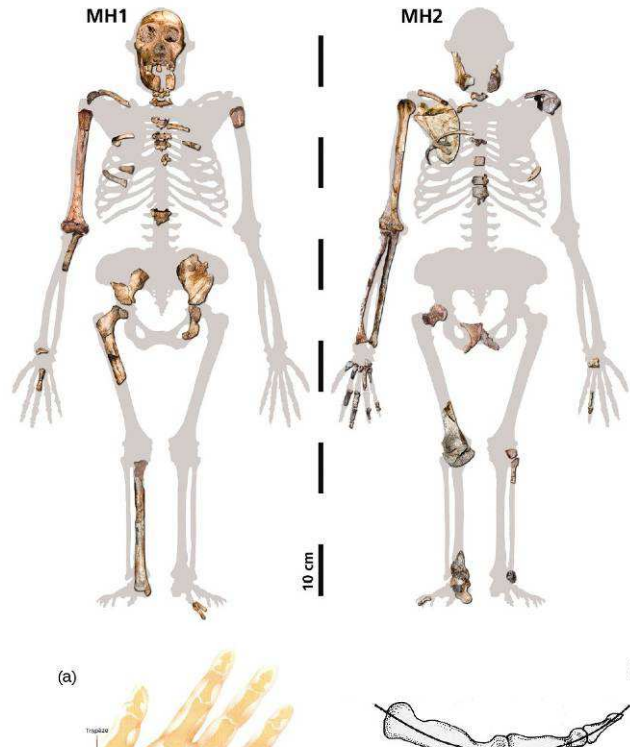
Pratique de rites funéraires



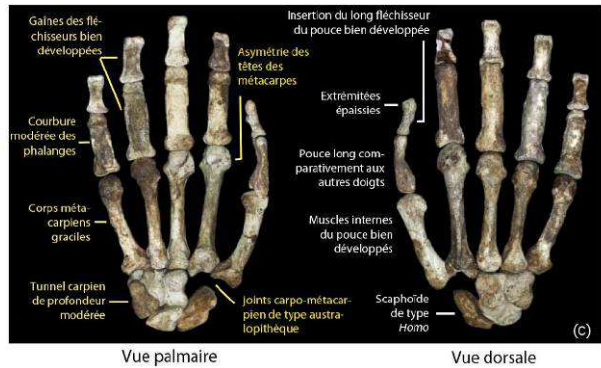
- De -4.5 à -1 Ma, les australopithèques
- De -2Ma à aujourd'hui : le genre Homo
- Une phylogénie controversée

Australopithecus sebida (2008) - 1.9 MA

Bipédie + affinée ??



Main habile => manipulation d'outils perfectionnés ??



Capacité crânienne réduite (450 cm³)

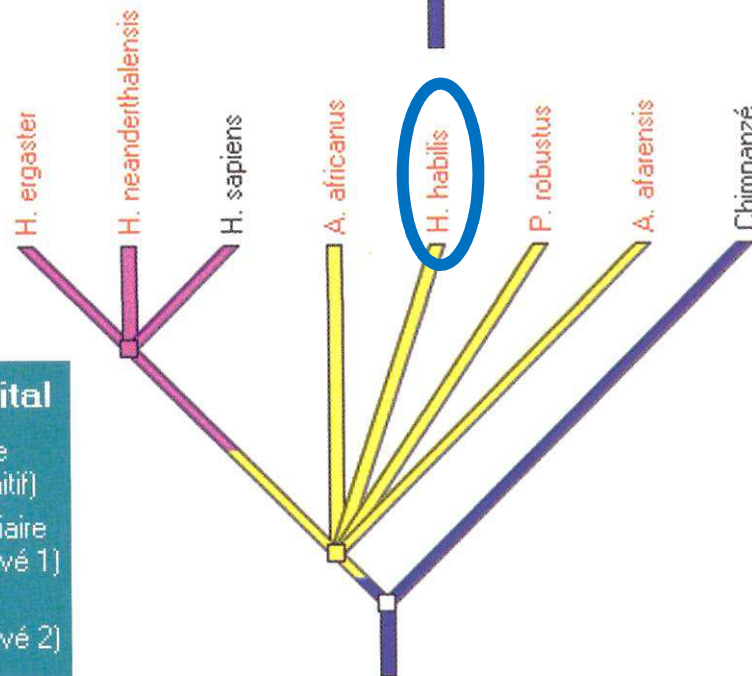
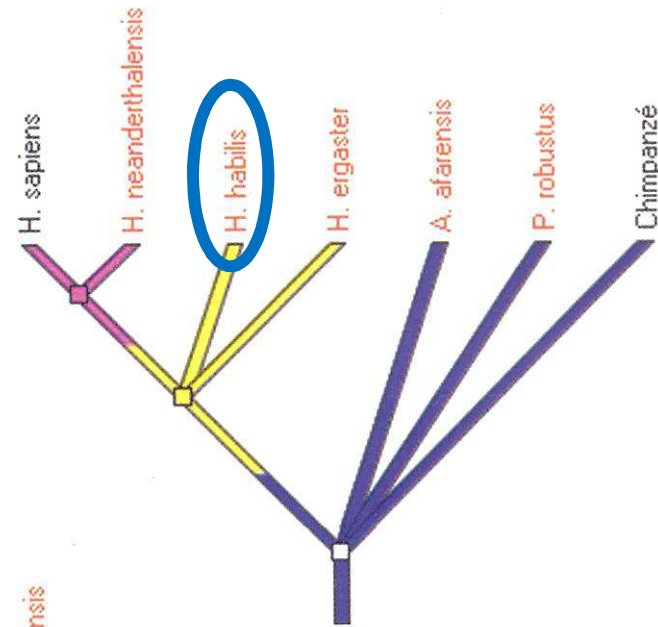
Difficultés d'établir une phylogénie des hominins

cf TP

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



H. : *Homo*
 P. : *Paranthrope*
 A. : *Australopithèque*



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).

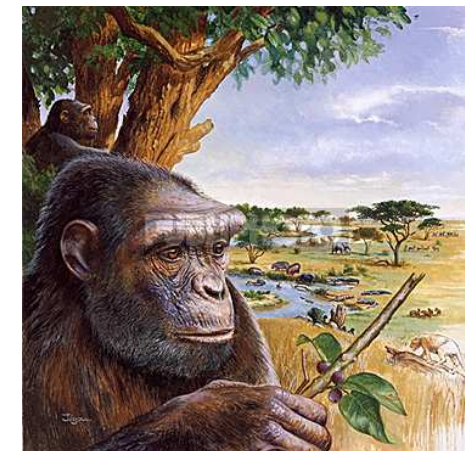
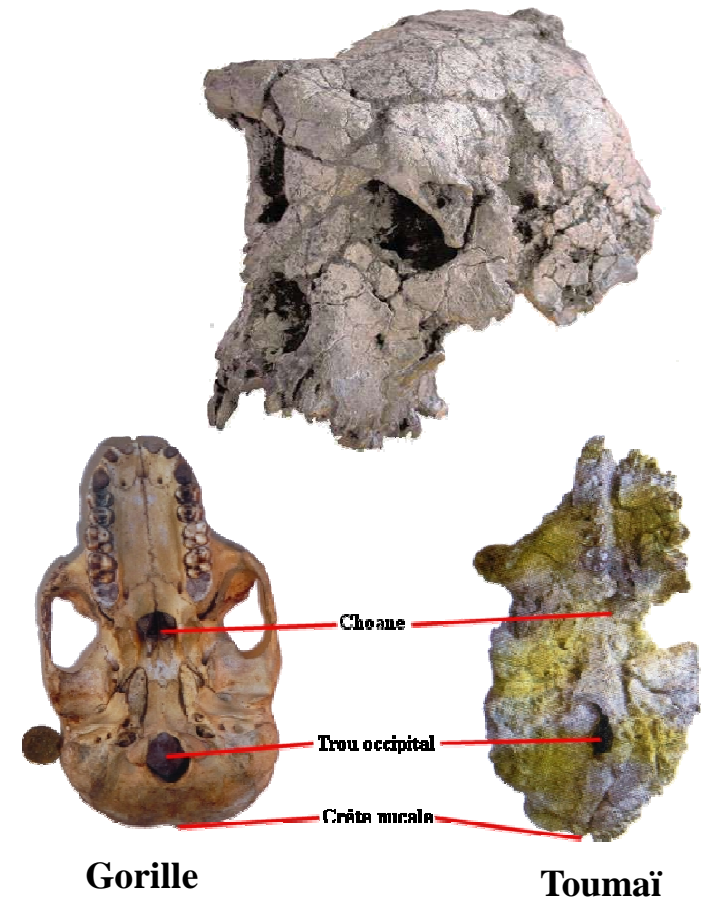
Trou occipital témoigne d'une position dressée.
Bipède ???

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 cm³).



Conclusion

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

Conclusion

Evolution anatomique marquée par :

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

Conclusion

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