

Séquence 6

Un regard sur l'évolution de l'homme

Sommaire

Chapitre 1. Pré-requis

Chapitre 2. L'histoire évolutive de l'homme

Synthèse

Exercices

Glossaire

Annexe : Utilisation de phylogène

Exercice 1 Comprendre les principes qui permettent d'établir des relations de parenté

Exercice 2 Lire et comprendre un arbre phylogénétique

Exercice 3 La place de l'homme parmi les primates

Exercice 4 Tester ses connaissances

Exercice 5 Montrer le rôle des gènes de développement

Exercice 1 Comprendre les principes qui permettent d'établir des relations de parenté

L'établissement de relations de parentés entre les êtres vivants est fondée sur la comparaison de caractères particuliers, les **caractères homologues**. Ceux-ci peuvent être anatomiques, embryologiques ou moléculaires.

Deux caractères anatomiques sont homologues s'ils présentent une similitude au niveau de l'organisation, une même place dans l'organisme et une origine embryologique commune. Deux molécules sont homologues si elles présentent des similitudes au niveau de leur séquence d'acides aminés ou de nucléotides.

Le partage de caractères homologues par des taxons différents signifie, dans le cadre de la théorie évolutive, qu'ils ont reçu ces caractères d'un ancêtre commun.

Seule la comparaison de caractères homologues permet d'établir des relations de parenté

On doit cependant distinguer les **homologies ancestrales** des **homologies dérivées**.

Les premières sont des homologies qui étaient déjà présentes chez l'ancêtre commun: elles sont donc apparues avant celui-ci. Ces caractères sont hérités d'une espèce ancestrale plus ancienne et sont donc partagés par des espèces qui finalement sont peu apparentées...

Les homologies dérivées (ou évoluées) quant à elles sont héritées de l'ancêtre commun le plus récent: la présence de tels caractères chez plusieurs espèces prouve donc bien une parenté étroite entre-elles.

Ainsi par exemple, le membre tétrapode est un caractère qui unit plus étroitement la chauve-souris, la tortue et l'homme que la possession de cellules nucléées ; Le membre tétrapode est un caractère dérivé, évolué, alors que les cellules nucléées sont une homologie partagée par tous les êtres vivants eucaryotes, une homologie ancestrale, qui du point de vue des parentés entre homme et chauve-souris n'apporte rien... Le caractère évolué « membre tétrapode » par contre n'est même pas partagé par tous les vertébrés ! (Les poissons en effet n'ont pas de membres tétrapodes). Il permet donc d'apparenter étroitement ceux qui le possèdent et de conclure à leur origine commune à partir d'une espèce ancestrale chez qui ce caractère est apparu.

Les espèces ancestrales communes qui figurent dans les arbres phylogénétiques représentent donc l'acquisition des différents caractères évolués.

En construisant de telles représentations, on situe dans le temps l'apparition des différents caractères évolués partagés par les espèces. Les fossiles permettent parfois de dater ces apparitions.

L'établissement de relations de parenté entre taxons permet donc de reconstituer leur histoire évolutive en établissant des de **relations phylogénétiques**.

Les **arbres phylogénétiques** sont une façon de représenter les relations de parenté d'un ensemble d'êtres vivants.

Il s'agit d'arbres dans lesquels les branches associent les taxons apparentées c'est-à-dire possédant les mêmes caractères homologues évolués hérités du même ancêtre commun.

Les nœuds de l'arbre correspondent aux espèces ancestrales communes. Celles-ci sont hypothétiques. On sait seulement qu'elles possédaient les caractères qu'elles ont transmis à toutes les espèces qui leur sont postérieures.

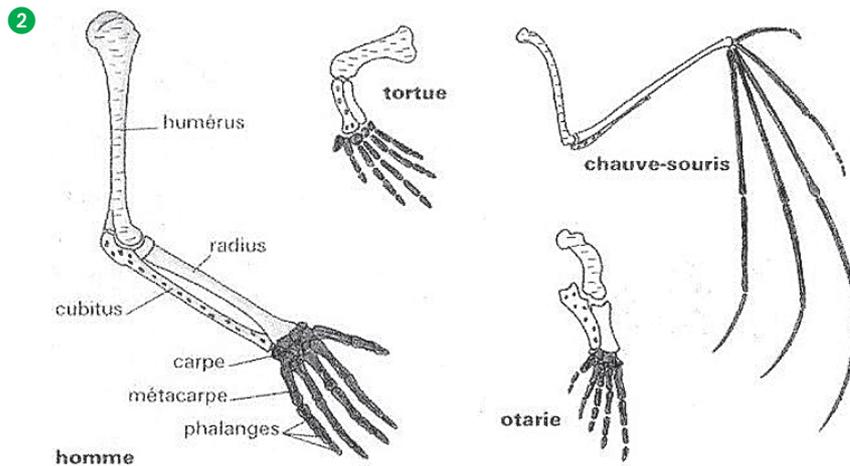
Chaque nouvelle branche correspond à l'apparition d'une nouveauté évolutive (= l'apparition ou la disparition ou la transformation d'un caractère) chez un organisme qui l'a transmise à toute sa descendance.

Le nouvel état du caractère est l'état dérivé et celui qui préexistait est l'état ancestral.

Questions ① **Choisir** la ou les affirmations exactes.

Deux taxons sont d'autant plus apparentés :

- qu'ils partagent de nombreux caractères ancestraux ;
- qu'ils partagent de nombreux caractères dérivés ;
- que leur ancêtre commun est récent ;
- que leur ancêtre commun est éloigné.



Montrer que les caractères anatomiques présentés ci-dessus témoignent d'une relation de parenté entre ces 4 vertébrés.

- 3 Le cytochrome c est une protéine de 110 acides aminés environ qui intervient dans les réactions biochimiques de la respiration cellulaire. Elle existe chez l'immense majorité des espèces actuelles.

Chaque lettre correspond à un acide aminé précis. Les tirets représentent les acides aminés identiques, seules les différences sont indiquées.

Homme	GDVEKGGKKIF	IMKCSQCHTV	EKGGKHKHTGP	NLHGLFGRKT	GOAPGYSYTA
Mouton	-----	VQ--A-----	-----	-----	-----F---D
Carpe	-----V-	VQ--A-----	XX-----V--	--W-----	-----F---X

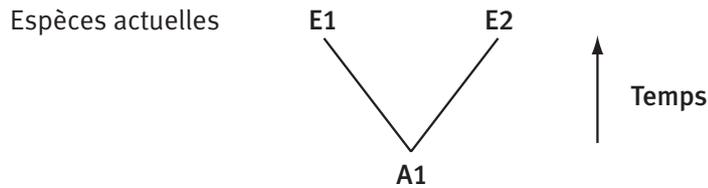
- ▶ Monter que l'on peut établir, à partir de cette molécule, une relation de parenté entre ces trois espèces animales.
- ▶ D'après ces données moléculaires, les espèces les plus apparentées sont :
 - L'homme et la carpe
 - L'homme et le mouton
 - la carpe et le mouton

Exercice 2 Lire et comprendre l'organisation d'un arbre phylogénétique

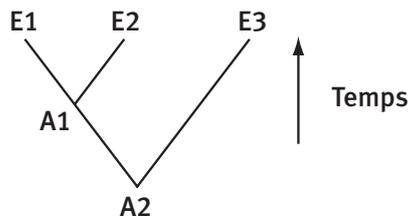
Considérons trois espèces E1, E2 et E3. La recherche de relations de parenté a mis en évidence une étroite parenté entre E1 et E2, l'espèce E3 présentant davantage de différences.

Les espèces E1 et E2 étant les plus étroitement apparentées on peut en déduire qu'elles sont issues d'une espèce ancestrale commune « assez récente », qui n'est pas l'ancêtre de E3.

On le représente de la manière suivante :



L'espèce E3 qui possède moins de caractères communs avec E1 partage avec ces deux espèces un ancêtre commun mais plus ancien que A1 : c'est A2.



On considère 4 caractères homologues nommés A, B, C et D et 5 espèces de vertébrés.

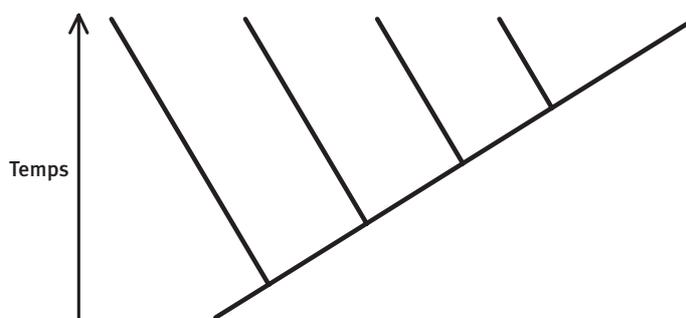
Caractères	État ancestral (0)	État évolué (1)
A	Pas d'allaitement des petits	Allaitement des petits
B	Nageoires rayonnées	Membres charnus munis de doigts
C	Absence de plumes	Plumes présentes
D	Amnios absent	Embryon protégé par un amnios

Distribution des caractères étudiés chez les 5 vertébrés considérés : 1 et 0 indiquent l'état du caractère chez l'animal.

	sardine	homme	merle	chat	grenouille
A	0	1	0	1	0
B	0	1	1	1	1
C	0	0	1	0	0
D	0	1	1	1	0

- 1 Quelles sont les deux espèces les plus étroitement apparentées ? Justifier la réponse.
- 2 Situez les sur l'arbre et localiser leur plus récent ancêtre commun.
- 3 Quelle nouveauté évolutive ont-ils hérité de cet ancêtre commun ?
- 4 Situer cette acquisition en plaçant sur l'arbre, à l'endroit qui convient, un rond contenant la lettre du caractère.

- 5 Situer les autres espèces ainsi que les autres nouveautés évolutives.
- 6 Sur les 4 caractères considérés lister les caractères primitifs et dérivés que devait posséder l'ancêtre commun le plus récent partagé par le chat et la grenouille.
- 7 Encadrer avec 3 couleurs différentes les parties de l'arbre phylogénétique correspondant aux groupes des mammifères, des tétrapodes et des amniotes.



Exercice 3 L'opsine S, une molécule présente chez tous les Primates

Les protéines photoréceptrices constituent une famille de protéines largement répandues dans le monde vivant. Elles sont toutes impliquées dans la conversion de la lumière en signal nerveux. Ces molécules photosensibles présentent le même type d'organisation tridimensionnelle.

Les différences entre les pigments visuels portant sur la séquence d'acides aminés de la protéine, il est possible d'établir des relations de parenté entre les Primates à l'aide des données moléculaires concernant les opsines, et notamment l'opsine S (ou opsine sensible à des longueurs d'onde courtes : short). Tous les Primates possèdent en effet, le gène codant pour cette opsine, ayant toujours un pic d'absorption voisin de 430 nm ; il est porté par un chromosome non sexuel.

Document *Tableau visualisant le % de similitudes entre les séquences de l'opsine S de l'Homme et celles des opsines S des Primates étudiés.*

	Homme
Chimpanzé Bonobo	100 %
Chimpanzé	100 %
Gorille	99 %
Macaque	87 %
Cebus	75 %
Saïmiri	72 %

Question À partir des données ci-dessus, construire l'arbre phylogénétique en expliquant votre démarche.

Montrer que ces données confortent la place de l'homme au sein des primates.

Exercice 4 Tester ses connaissances

Les gènes de développement

- contrôlent l'expression d'autres gènes,
- sont des gènes homéotiques,
- interviennent dans la construction d'un organisme,
- permettent la réalisation d'un caractère.

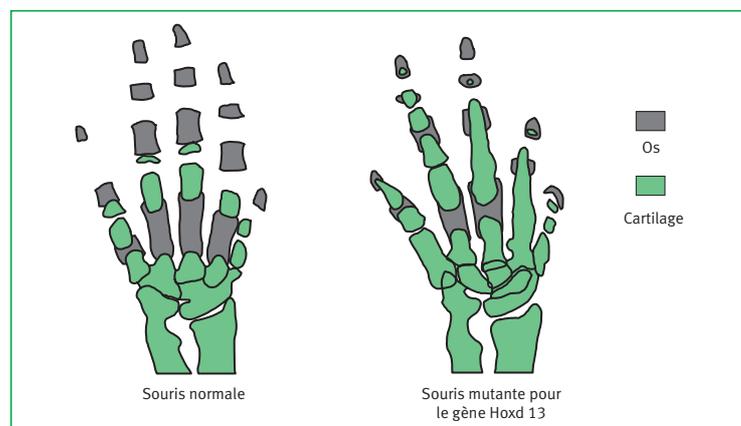
Les chimpanzés

- n'utilisent pas d'outils,
- ont des comportements stéréotypés,
- ont une culture qu'ils se transmettent de génération en génération,
- ont des comportements résultant d'un apprentissage.

Exercice 5 Montrer le rôle des gènes de développement

Au cours du développement du squelette, le cartilage est normalement remplacé par de l'os. Sur les photographies du squelette de l'extrémité du membre antérieur de souris le cartilage est représenté en vert, l'os en gris.

La mutation d'un **gène du développement** ou **gène homéotique**, le gène Hoxd 13 entraîne les anomalies observées dans la main du souriceau.



Question **Montrer** que le document ci-dessus permet de démontrer l'importance des gènes de développement dans la mise en place des caractères.

L'histoire évolutive de l'homme

A

Pour débiter

L'idée que sur le plan évolutif, Homo sapiens peut être regardé comme toute autre espèce est une idée assez récente. C'est une idée qui a émergée au cours du 19^e siècle. C'est dans l'œuvre de Darwin, l'origine des espèces, publié en 1859 que l'idée de parenté entre l'homme et le singe est pour la première fois formulée.

Si cette idée est devenue un fait scientifique aujourd'hui bien établi, de nombreuses idées reçues cependant continuent d'être véhiculées.

Testez vos représentations sur l'évolution de l'homme. Répondre par oui ou non et justifiez votre choix. Il est conseillé de ne pas regarder les corrections et de revenir sur ces propositions après avoir étudié ce chapitre. Vous mesurerez ainsi l'évolution des représentations qui étaient les vôtres au départ.

	oui	non	Justification
L'homme descend du singe			
L'hominisation a un but : l'homme			
L'hominisation est un processus			
Les premiers hominés s'adaptent à la savane			
La bipédie apparaît dans la savane			
La taille du cerveau fait l'homme			
La bipédie libère la main et permet l'usage d'outils			

B

Cours

1. L'histoire évolutive de l'homme s'inscrit dans celle plus globale des primates

a) La place de l'homme au sein des primates.

Activité 1 Dégager les caractéristiques propres aux primates



Télécharger le logiciel Phylogène sur le site de l'INRP et installer le logiciel sur votre ordinateur. Choisir téléchargement élèves.

- ▶ Fichier
- ▶ Sélectionner collection puis choisir Archontes (primates)

Remarque

Le logiciel a déjà été utilisé dans les classes antérieures. Une fiche technique est cependant à votre disposition à la fin de la séquence.

Questions

1 **Construire** une matrice de comparaison taxon/caractères prenant en compte :

- Les taxons suivants : babouin, bonobo, saki, chimpanzé, gibbon, tarsier, gorille, Homme, orang-outan, maki et tupaïe*.
- les caractères suivants : narine, orbites, pouces, queue, rhinarium** et la terminaison des doigts.

Remarque

Ne pas oublier de vérifier la matrice réalisée.

Aide

En cliquant à l'intérieur de chaque case apparaît les 2 états possibles du caractère ainsi qu'un document présentant l'état de ce caractère pour le taxon considéré.

Cliquer sur l'état retenu afin qu'il s'inscrive dans votre tableau.

* Le tupaïe ne fait pas partie du groupe des primates. C'est un extra-groupe qui sert de référence. Le dernier ancêtre commun aux primates et au tupaïe est plus ancien que le dernier ancêtre commun à tous les primates. Il ne possède donc aucun des caractères dérivés des primates.

** Le rhinarium désigne le museau ou la truffe humide avec des vibrisses.

2 Polariser et coder les états des caractères.

- ▶ Afin de trouver les états primitifs, choisir l'extra-groupe puis colorer les états primitifs suivant l'extra-groupe.
- ▶ Coder les états dérivés en colorant les cellules.
- ▶ Choisir une couleur et colorer tous les états dérivés de la même couleur.
- ▶ Vérifier.

Aide

	État primitif	État dérivé
Narines	Ecartées	rapprochées
Orbites	Ouvertes	Fermées
Pouces	Non opposables	Opposables
Queue	Présente	Absente
Rhinarium	Présent	Absent
Terminaison des doigts	Griffes	ongles

3 Établir des liens de parentés.

- ▶ **Organiser** le tableau afin d'avoir dans la colonne la plus à droite les caractères à l'état dérivé dans le plus grand nombre de taxons et ainsi de suite de la droite vers la gauche.

Classer les lignes afin d'avoir dans la ligne du haut l'extra-groupe puis du haut vers le bas un nombre croissant de caractères dérivés.

- ▶ **Construire** l'arbre phylogénétique.

Sélectionner tous les taxons puis les réunir à un premier nœud en cliquant sur l'icône . Activer un caractère partagé par tous les taxons sauf l'extra-groupe. Un code couleur apparaît (état dérivé et primitif) qui dépend des choix effectués à l'étape précédente. Si vous avez choisi le vert pour l'état dérivé, apparaît alors en vert tous les taxons possédant ce caractère à l'état dérivé.

Ce caractère dérivé partagé ayant été hérité d'un ancêtre commun, vous pouvez relier tous les taxons en vert au même point.

Continuer ainsi en sélectionnant les caractères les uns après les autres. Vous pouvez enregistrer cet arbre sur votre ordinateur et l'imprimer et/ou le recopier.

Aide

Passer en mode exploration. Cliquer sur les différents nœuds représentant les ancêtres et la liste de ses états de caractères apparaît la fonction « Nommer le groupe » vous donne des indices permettant de choisir le terme approprié.

- 4 Sur cet arbre, placer correctement les innovations évolutives.

Nommer et représenter sous forme de rectangles les groupes monophylétiques ainsi mis en évidence.

- 5 En bilan **indiquer** les caractères dérivés des primates et les caractères dérivés des hominoïdes.

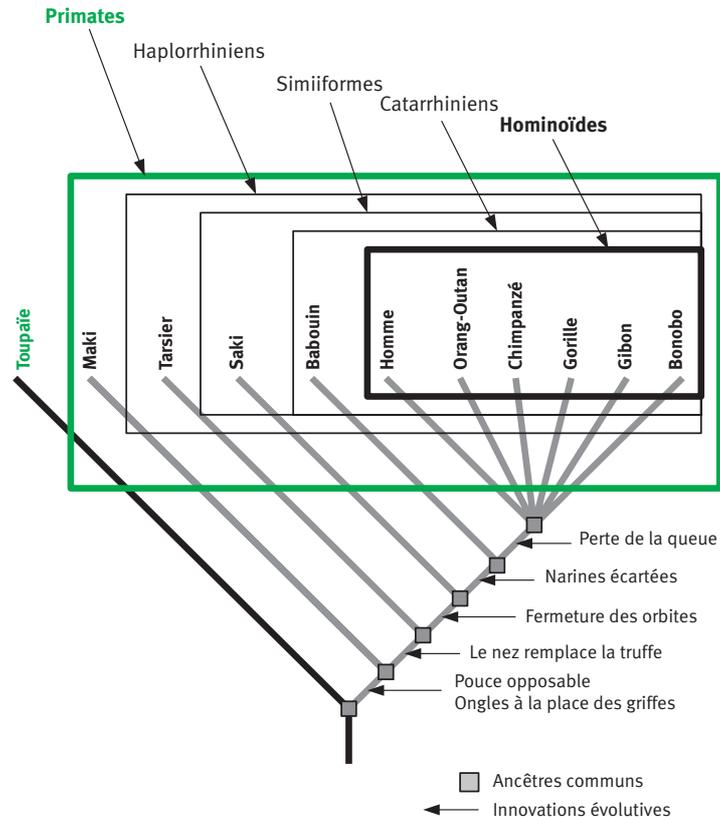
À retenir

Les caractères dérivés des primates sont le pouce opposable aux autres doigts, le remplacement des ongles par des griffes et l'acquisition de la vision binoculaire liée au recouvrement des champs visuels et donc à la migration des orbites vers l'avant.

Cela signifie que les différents taxons appartenant au groupe des primates ont hérité ces caractères d'un ancêtre commun.

Dans ce groupe des primates, l'homme appartient au taxon des hominoïdes dont le caractère dérivé est la disparition de la queue.

Les plus proches parents de l'homme sont donc les autres hominoïdes.



Quelles sont les relations de parenté au sein des hominoïdes ?

b) Les relations de parenté au sein du groupe des hominoïdes

Les plus proches parents de l'homme sont les autres hominoïdes. Afin de préciser les relations de parenté au sein des hominoïdes, nous allons utiliser des données moléculaires.

Activité 2 Établir des relations de parenté au sein du taxon des hominoïdes en s'appuyant sur des données moléculaires.

Le logiciel phylogène permet également de comparer des séquences peptidiques ou nucléotidiques.

On a comparé l'ADN mitochondrial de différents taxons. La mitochondrie est un organite présent dans les cellules eucaryotes et impliqué dans la respiration cellulaire. Cet organite possède son propre ADN sous forme d'ADN circulaire (voir la séquence 4, endosymbiose).

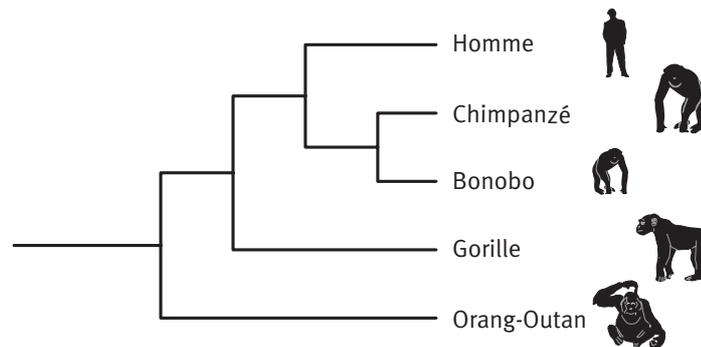
Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau ci-dessous.

Document 1 Différences en pourcentage entre des séquences homologues d'ADN mitochondrial.

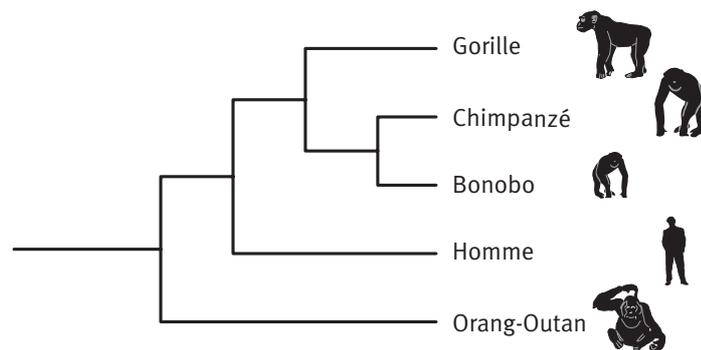
	Homme	Chimpanzé	Gorille	Orang-Outan	Gibbon
Homme	0	8,41	10,5	14,5	15,9
Chimpanzé		0	10,1	14,5	15,9
Gorille			0	14,9	16,2
Orang-Outan				0	16,7
Gibbon					0

- Questions**
- 1 Les scientifiques s'appuient sur les données moléculaires pour établir des relations de parenté. **Expliquer**, en utilisant vos connaissances, les bases scientifiques sur lesquelles s'appuie cette méthode. **Identifier** et **formuler** les limites de cette méthode.
 - 2 **Choisir** parmi les arbres phylogénétiques suivant (A, B ou C) celui qui est en accord avec les données moléculaires présentées ci-dessus. Vous devez **justifier** votre choix.

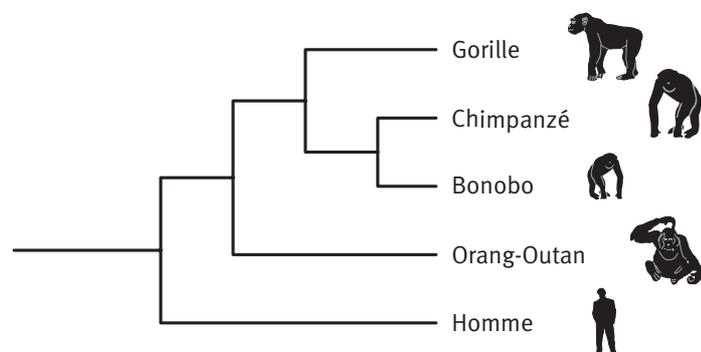
► Arbre A



► Arbre B



► Arbre C



3 Choisir la ou les affirmations exactes.

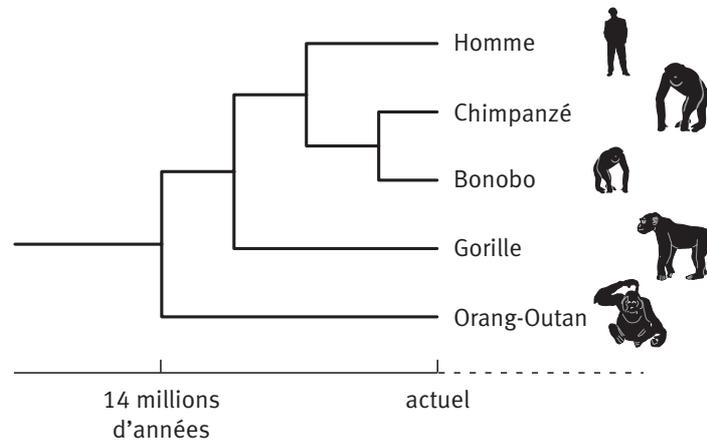
D'après les données moléculaires ci-dessus :

- L'homme est plus apparenté au chimpanzé qu'à tout autre hominoïde ;
- Le gorille est plus apparenté au chimpanzé qu'à l'homme ;
- Le chimpanzé est plus apparenté à l'homme qu'au gorille ;
- L'homme et le chimpanzé possèdent un ancêtre qui n'est pas celui du gorille.

À retenir

Au sein du taxon de hominoïdes, c'est avec le chimpanzé et le bonobo que l'homme est le plus apparenté. Cela signifie qu'ils partagent un ancêtre commun qui n'est pas celui du gorille par exemple.

On peut donc établir l'arbre phylogénétique suivant :



Remarque

Les données moléculaires présentées ci-dessus ne peuvent à elles seules permettre d'établir de manière scientifique les relations de parenté au sein du taxon des hominoïdes.

Pour cela, il faut utiliser et comparer de nombreuses autres données moléculaires et anatomiques. C'est la synthèse des travaux qui permet d'envisager une phylogénie.

c) La diversité actuelle et fossile des primates

Nous avons montré que l'homme partageait avec les autres primates et plus particulièrement avec les hominoïdes de nombreux caractères communs.

Le partage de ces caractères témoigne de leur histoire évolutive commune.

Tenter de comprendre l'histoire évolutive de l'homme implique donc de plonger dans celle plus globale des primates. Pour cela, nous devons remonter le temps de plusieurs millions d'années jusqu'au début de l'ère tertiaire.

Nous sommes il y a – 55 Ma, peu après la crise biologique qui a vu l'extinction de nombreux taxons parmi lesquels figuraient les dinosaures.

Le climat qui régnait sur la planète Terre n'est pas celui que l'on connaît aujourd'hui ; il était beaucoup plus chaud. Les paléontologues ont trouvé

des fossiles de primates archaïques en Afrique, en Europe, en Asie et en Amérique du Nord. Il faut s’imaginer ces régions couvertes de forêts de type tropical.

Les spécialistes distinguent dans ces fossiles 3 lignées : des adapiformes, lointains ancêtres des lémuriniens actuels de Madagascar, des tarsiiformes ancêtres des lémuriniens et un troisième groupe, les protosimiens ou protosinges.

Il y a 40 Ma, un refroidissement climatique bouleverse les cartes. Les primates de l’hémisphère nord disparaissent et ne subsistent plus que dans les refuges tropicaux.

Des fossiles, témoignent de l’apparition des premiers singes dit modernes il y a 35 Ma environ. Ce groupe présente de nombreuses espèces. Son apparition a donc été suivie d’une phase de diversification.

Les lacunes paléontologiques ne permettent cependant pas de suivre l’évolution de ces singes au cours des 10 Ma qui suivent...

Nous faisons un bond de plusieurs millions d’années. Les archives fossilifères montrent la présence, il y a 20 Ma de deux lignées de singes : les cercopithécoïdes (singes à queue) et les hominoïdes.

Ce dernier est un groupe très diversifié présentant de nombreuses espèces, occupant toutes les niches écologiques de l’écosystème forestier. C’est dans ce groupe que figurent les ancêtres communs aux hommes et aux grands singes actuels.

Contrairement à la lignée florissante des hominoïdes, la lignée des cercopithécoïdes semble réduite, seules deux espèces sont recensées.

Les hominoïdes vont se disperser. A la faveur des remaniements engendrés par la tectonique des plaques on les retrouve en Europe et en Asie il y a 16 Ma.

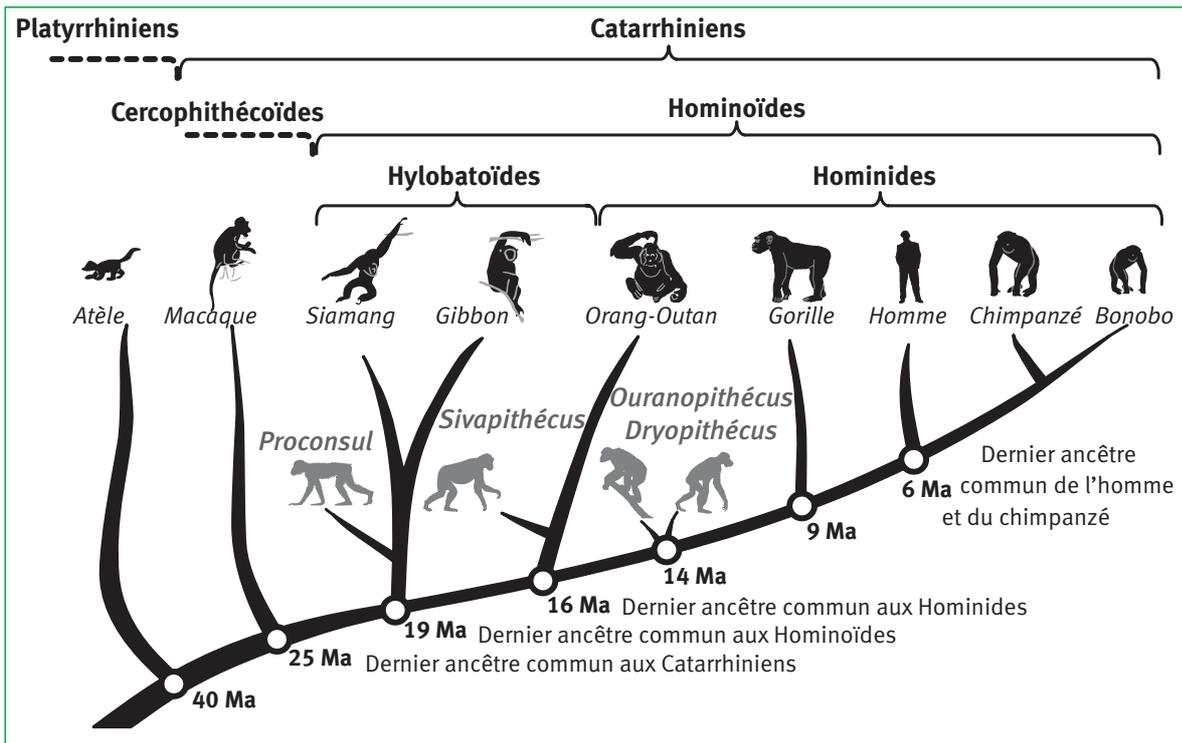
Après une phase de diversification, la lignée européenne s’éteint il y a 8 Ma. La lignée asiatique d’abord florissante décline également et l’orang-outan est aujourd’hui le seul témoin de cette aventure des hominoïdes en Asie. Le gibbon que l’on rencontre actuellement en Asie du Sud-est aurait des ancêtres appartenant à la lignée européenne.

Ce déclin a certainement pour origine des changements climatiques.

Aujourd’hui, il ne subsiste plus sur la planète que 5 espèces d’hominoïdes et 80 espèces de cercopithécoïdes... ce que ne préfigurait pas la situation il y a 20 Ma.

Qu’est devenue la lignée hominoïde restée en Afrique ? Les spécialistes possèdent très peu d’éléments pour reconstituer cette histoire : quelques fossiles d’hominoïdes datés à 14 Ma puis rien avant les plus vieux hominoïdes appartenant à la lignée humaine datés à 7 Ma soit une lacune de plus de 7 Ma.

Document 3 Arbre généalogique des primates



C'est au chimpanzé que l'homme est le plus apparenté. L'homme et le chimpanzé partagent un ancêtre commun exclusif. Selon les spécialistes, ce dernier ancêtre commun (DAC) à l'homme et au chimpanzé pourrait se situer entre 6 et 8 MA.

Il y a donc, à partir de ce DAC, une lignée évolutive qui conduit au chimpanzé de la même manière qu'il y a une lignée évolutive qui conduit à l'homme.

Quels sont les caractères dérivés propres à l'homme ? À noter que l'on pourrait également envisager le problème suivant : Quels sont les caractères dérivés des chimpanzés ? En effet depuis leur DAC, l'homme et le chimpanzé ont autant évolué l'un que l'autre.

Afin de déterminer les caractères qui signent l'appartenance à la lignée humaine il paraît pertinent de comparer l'homme et son plus proche parent, le chimpanzé.

Quels sont les critères d'appartenance à la lignée humaine ?

2. La lignée humaine : une évolution buissonnante

a) Les critères d'appartenance à la lignée humaine

Activité 3 Identifier les caractéristiques dérivés de l'homme

Pour réaliser cette activité, vous devez utiliser plusieurs ressources complémentaires :



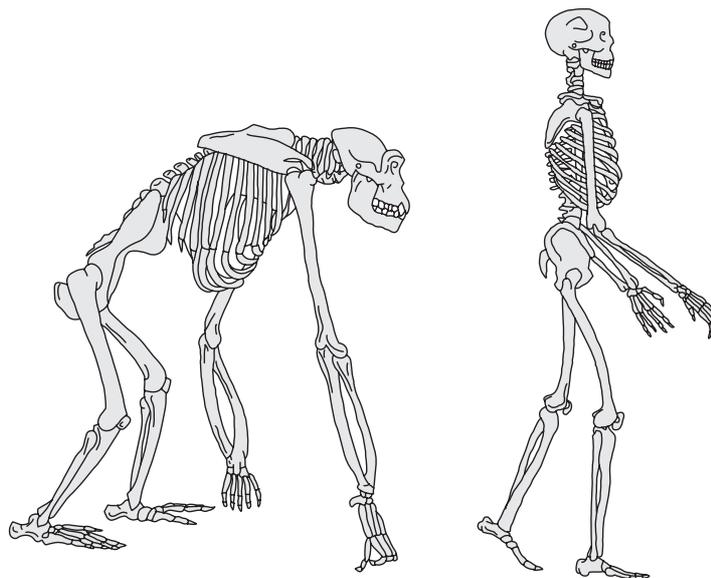
- Un site internet : **hominides.com**. La rubrique “dossiers” en particulier les dossiers suivants : la bipédie, les grands singes, l’homme et le singe.
- Deux logiciels à télécharger :
 - ▶ **La lignée humaine** réalisé par P. Perez et P. Y Guchereau que vous pouvez télécharger à l’adresse suivante : http://pedagogie.ac-toulouse.fr/svt/serveur/lycee/perez/PP_logo/logiciels.htm.
Si le lien ne fonctionne pas, entrer “lignée humaine + logiciel” dans votre moteur de recherche.
 - ▶ Le logiciel **homininés** réalisé par un groupe de travail de l’académie de Versailles que vous pouvez télécharger sur le site de l’académie de Versailles : <http://www.svt.ac-versailles.fr/spip.php?article86>

Rubriques des logiciels utiles pour cette activité

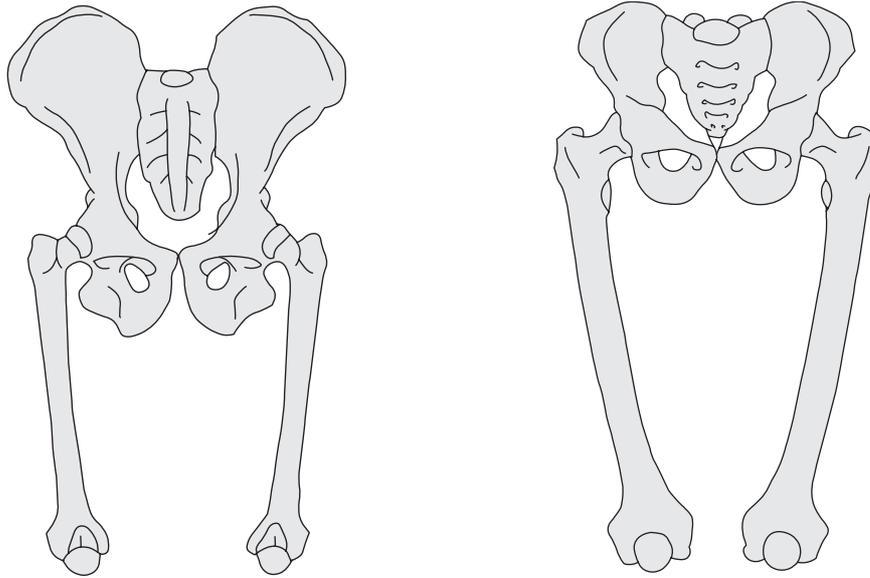
Logiciel lignée humaine	Logiciel homininés
Caractères crâniens : permet d’identifier et nommer les structures du crane à observer.	La rubrique les hominides actuels vous permettra d’obtenir des données générales sur l’homme et le chimpanzé et d’observer les différentes parties du squelette que vous pouvez déplacer.
Comparaisons anatomiques présentent les ressemblances et les différences entre l’homme et le chimpanzé.	Ce logiciel vous permettra également de mesurer l’angle facial.

Document 4 *Données anatomiques relatives à l’homme (à droite) et au chimpanzé (à gauche)*

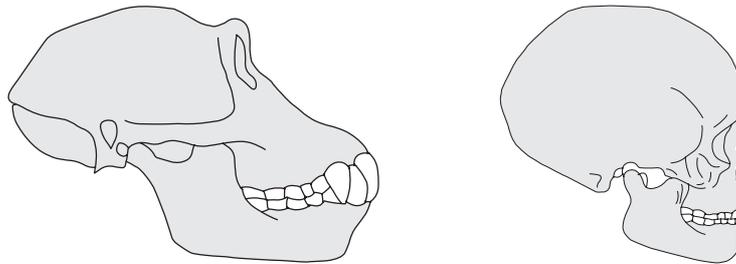
- ▶ **Squelettes du chimpanzé et de l’homme**



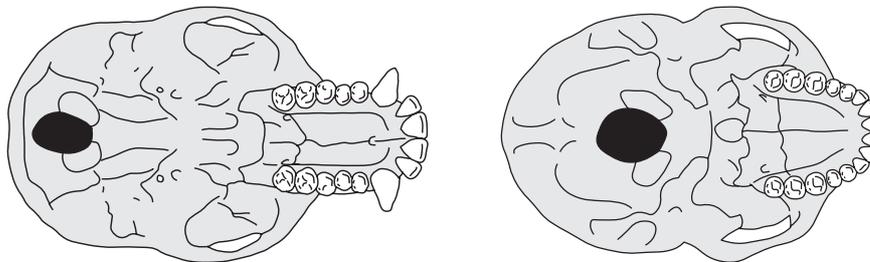
► Bassin et fémur du chimpanzé et de l'homme



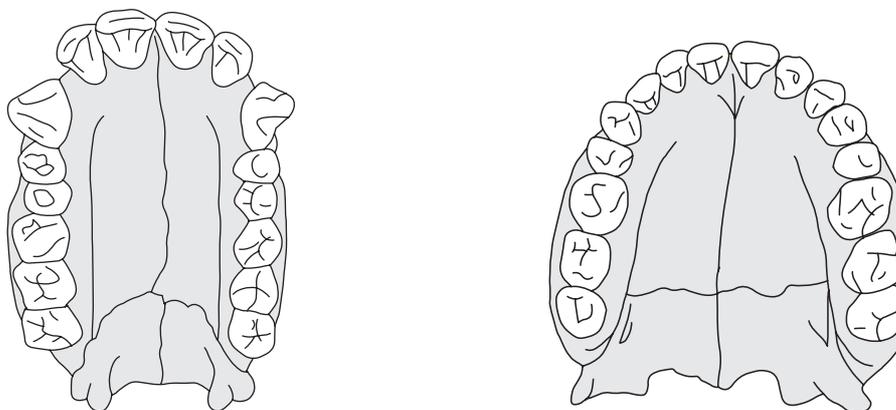
► Crânes vus latéralement du chimpanzé et de l'homme



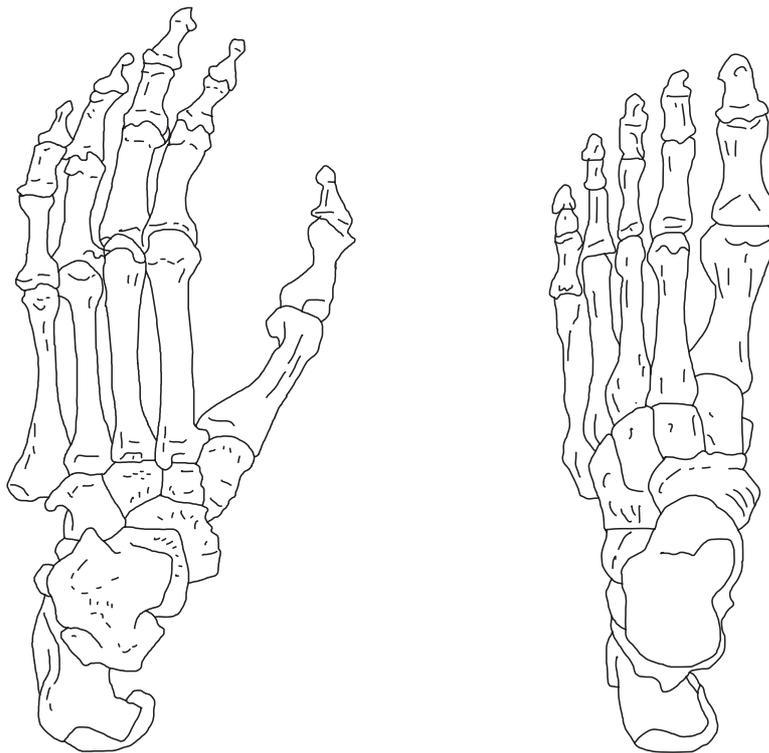
► Crânes vus de dessous du chimpanzé et de l'homme



► Mâchoires du chimpanzé et de l'homme



► Anatomie du pied du chimpanzé et de l'homme



Document 5 *Le développement de l'encéphale chez l'homme et le chimpanzé*

L'Homme est le primate qui a l'encéphale le plus volumineux et le plus complexe dans son organisation.

Le volume crânien est en moyenne de 1 400 cm³. Les Chimpanzés et les Gorilles ont un volume crânien moyen de 400 cm³.

L'organisation de l'encéphale humain est différente de celle de l'encéphale des singes : le cortex cérébral est organisé en aires qui ont des rôles spécifiques ; certaines de ces aires existent chez les Chimpanzés mais pas toutes.

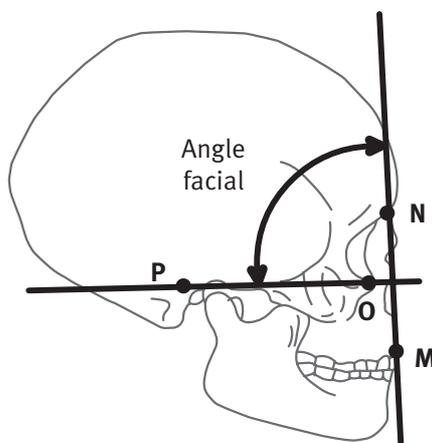
La vascularisation de l'encéphale des singes et de l'Homme est également différente.

Questions ① – **Légender** le document 4 en utilisant les mots suivants : **Colonne vertébrale, os iliaque, fémur, Bourrelets sus-orbitaire, menton, canine, trou occipital, orteil opposable, sacrum, maxillaire inférieur ou mandibule, maxillaire supérieur.**

– Pour l'homme et le chimpanzé, **matérialiser** par un trait l'arcade dentaire, la ou les courbures de la colonne vertébrale, l'inclinaison des fémurs.

Document 6 Principe de la mesure de l'angle facial

- L'angle facial est une mesure qui permet d'évaluer le prognathisme d'un crâne, c'est-à-dire la projection plus ou moins avancée des mâchoires et de la face.



C'est l'angle aigu formé par les deux droites (OP) et (MN), avec :

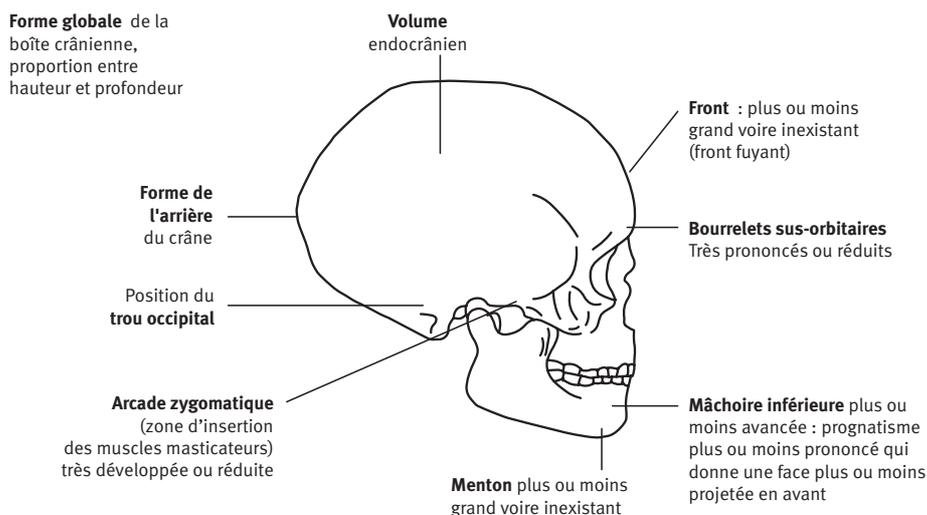
- O point le plus bas de l'orbite oculaire;
- P point le plus haut du trou auditif;
- M point le plus proéminent de l'os maxillaire supérieur entre les alvéoles des deux incisives supérieures centrales;
- N rencontre de la suture des os nasaux et du frontal.



- Mesurer un angle avec le logiciel homininés (pour plus de précision, consulter la fiche technique accessible après avoir lancé le logiciel)
 - Sélectionner calcul d'angles.
 - Définir l'angle à mesurer. Pour cela, positionner les marques à déplacer afin de définir l'angle à mesurer.
 - Réaliser la mesure. Choisir l'outil "Mesure d'angle" et le superposer aux droites définies précédemment pour dessiner l'angle à mesurer.
 - Cliquer sur valider. Votre résultat s'affiche.

Document 7 Les caractères crâniens à observer

Un certain nombre d'éléments sont susceptibles de donner une face à forts reliefs ou au contraire une face plate.



Question 2 Compléter les tableaux ci-après (documents 8 et 9).

Document 8 *Comparaison des caractères anatomiques chez l'homme et le chimpanzé*

SINGE	Caractères	HOMME
	CRÂNE	Position du crâne par rapport à la colonne vertébrale et localisation du trou occipital
		Aspect de la face
		Capacité crânienne
		Mesure de l'angle facial
		Forme de l'arcade dentaire et aspect des canines
	COLONNE VERTEBRALE (nombre de courbures)	
	Forme du BASSIN	
	MEMBRES	Position des fémurs par rapport à la verticale
		Taille relative des membres inférieurs par rapport aux supérieurs
		Capacité de préhension des pieds et mains

Document 9 Comparaison des caractères comportementaux chez l'homme et le chimpanzé

	Chimpanzé	Homme
Mode de déplacement		
Utilisation d'outils		
Transmission d'une culture		

Question 3 Identifier dans le tableau complété (doc 8), par un code couleur légendé, les caractères anatomiques spécifiques à l'Homme en prenant les critères suivants :

Remarque

Il faut choisir une couleur par critère.

- Bipédie permanente ;
- Développement cérébral ;
- Mâchoire.

Question 4 Esquisser le portrait-robot simplifié du DAC à l'homme et au chimpanzé en expliquant votre démarche. **Discuter** entre autres de sa capacité à se déplacer par bipédie.

À retenir

La comparaison anatomique de l'Homme et de son plus proche parent, le Chimpanzé permet de déterminer de nombreux caractères typiquement humains, non partagés par les singes ; ce sont des caractères qui fondent l'appartenance au **taxon des hominins**, dont l'Homme actuel, Homo sapiens, est le seul représentant.

Homme et singes se distinguent par leur locomotion : les singes sont quadrupèdes alors que l'Homme est parfaitement bipède. Les singes peuvent occasionnellement se redresser et se déplacer debout mais ce n'est pas leur mode de déplacement privilégié. Cette différence dans la locomotion et donc dans la posture est marquée par de nombreuses différences anatomiques.

Ainsi chez l'homme la tête est posée au sommet de la colonne vertébrale et le trou occipital par lequel la moelle épinière pénètre dans la boîte crânienne est centrée sous le crâne et non à l'arrière du crâne comme chez les grands singes.

Témoignent également de cette bipédie exclusive une colonne vertébrale à quatre courbures, un bassin large et court en forme de cuvette, un angle marqué entre bassin et membres inférieurs longs, et un pied adapté à la marche.

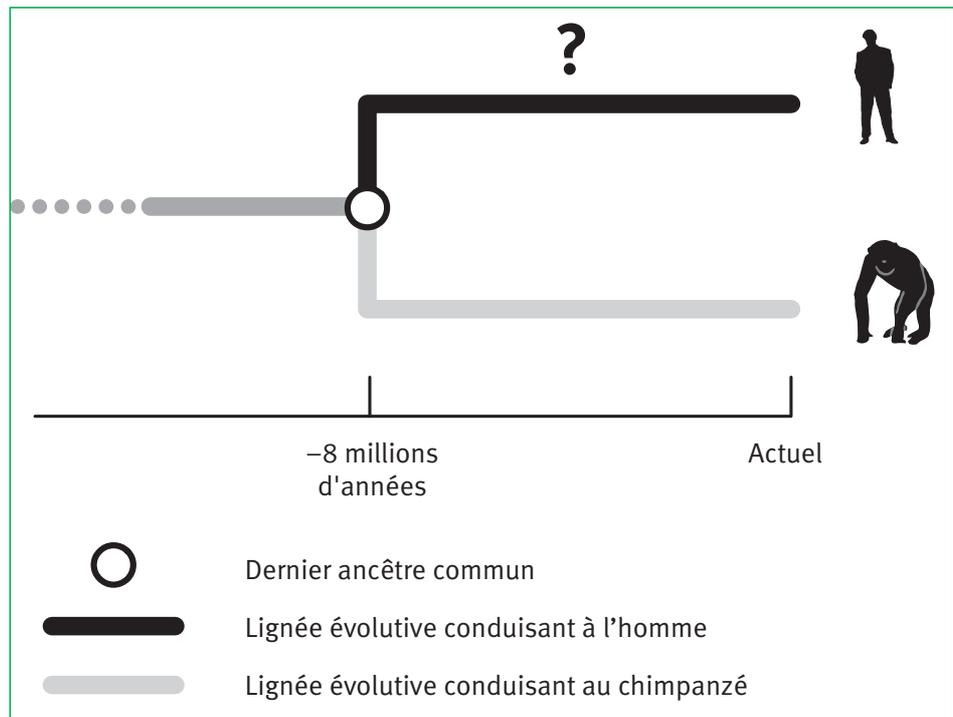
Le crâne présente également des différences. Celui de l'homme est arrondi vers l'arrière, présente une face verticale avec front et menton marqués et le volume encéphalique est important.

L'arcade dentaire est parabolique chez l'homme alors qu'elle est en forme de U chez les grands singes.

Les activités culturelles et industrielles sont importantes et diversifiées (outils sophistiqués, art, langage articulé, culte des morts) chez l'homme.

b) De Toumaï à Homo sapiens, une diversité d'espèces fossiles

On va explorer (très rapidement) ce qui s'est passé dans l'intervalle de temps représenté en noir sur le schéma ci-dessous c'est-à-dire depuis que la lignée humaine et celle conduisant aux chimpanzés ont divergé. Cette histoire couvre plusieurs millions d'années et le récit qui en sera fait sera nécessairement simplifié d'autant plus que les témoins de cette histoire (les fossiles) sont finalement peu nombreux et le plus souvent incomplets. Cette histoire n'est pas un récit figé et inscrit dans le marbre mais évolue avec la découverte de nouveaux fossiles, l'apport des données moléculaires, la modification des cadres théoriques... Ce processus illustre bien la nature même de la science dont les modèles doivent constamment évoluer afin d'intégrer les nouvelles données. Il ne faut pas en déduire qu'il n'existe pas de certitudes. L'inscription de l'histoire de l'homme dans celle plus globale des primates est un fait scientifique; les incertitudes demeurent dans les détails de cette histoire.



Information scientifique : méthodes et difficultés de la paléontologie.

Reconstituer une histoire qui s'étend sur plusieurs millions d'années n'est pas chose aisée. D'une part les fossiles sont rares et le plus souvent incomplets ou déformés ; il peut d'agir d'une mandibule, d'un crâne mais rarement de squelettes complets.

Outre les archives lacunaires, se posent des questions préalables : Ou chercher ? Que chercher ? Le simple fait de poser ces questions laisse entrevoir les difficultés qui se posent au paléanthropologue.

Le plus proche parent de l'homme étant le chimpanzé et celui-ci vivant en Afrique, il semble logique comme le prédisait Darwin d'effectuer des recherches en Afrique mais l'Afrique c'est vaste... « *Il est donc probable que l'Afrique était autrefois habitée par des singes aujourd'hui disparus, étroitement apparentés au gorille et au chimpanzé; comme ces deux espèces sont maintenant les plus proches de l'homme, nos lointains ancêtres ont sans doute vécu sur le continent africain plutôt qu'en un autre lieu* ».

La prédiction de Darwin s'est avérée juste et la seconde partie du 20^e a vu la découverte de nombreux fossiles en particulier en Afrique du sud, en Afrique de l'Est et un peu plus à l'Ouest au Tchad.

Afin de cibler le niveau géologique dans lequel effectuer les recherches, le paléanthropologue doit avoir une idée de la période à laquelle les fossiles recherchés vivaient.

Que chercher? A quoi pouvait ressembler les premiers fossiles de la lignée humaine ? Comment s'assurer qu'un fossile appartient à la lignée humaine et non pas à une autre lignée évolutive, à celle qui a conduit au chimpanzé par exemple.

La comparaison de l'anatomie d'un Homo sapiens et d'un chimpanzé à permis d'apporter quelques éléments de réponse : les éléments anatomiques en relation avec la bipédie, la forme de la mâchoire, la taille de canines, la taille du cerveau sont des caractères qui signent l'appartenance à la lignée humaine.

Ces caractères doivent donc se retrouver, du moins en partie, chez les hominés fossiles.

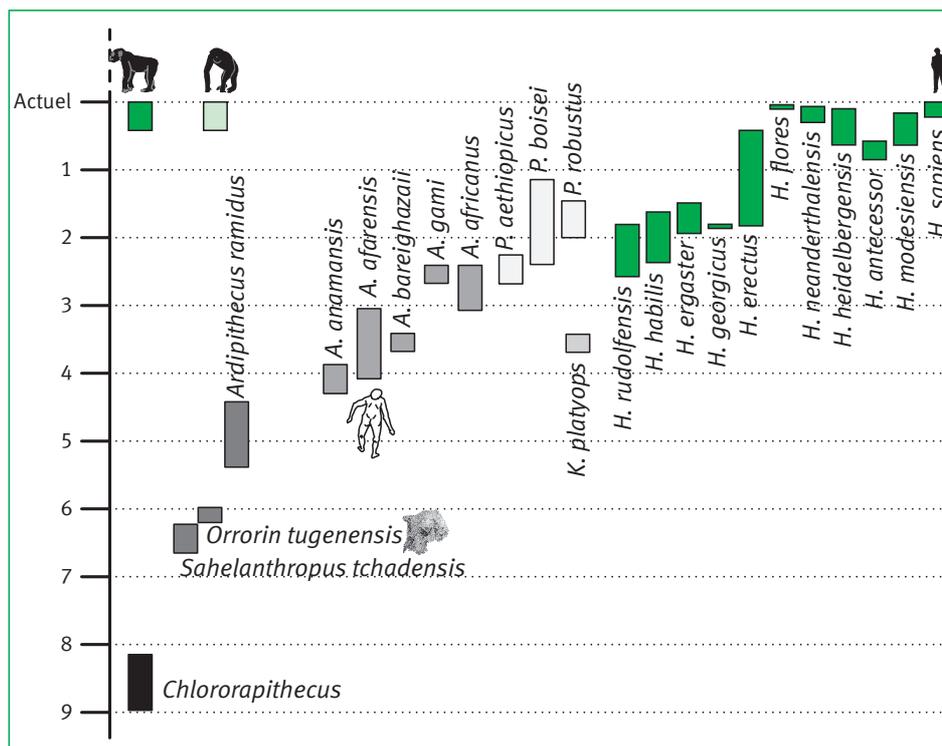
Remarque

Il faut envisager ces caractères comme une tendance évolutive globale ; il ne faut donc pas imaginer qu'ils sont parfaitement réalisés chez les hominés fossiles.

Activité 4 Montrer la diversité des hominés et dégager les caractéristiques du genre Homo.

Document 10 *Durée de vie de quelques espèces de la lignée humaine.*

Sur le document suivant ont été représentées, en tenant compte de leur durée de vie estimée, différentes espèces appartenant à la lignée humaine. L'échelle est en millions d'année (Ma).



Schématiquement, les fossiles que l'on classe dans la lignée humaine peuvent être regroupés en 3 grandes catégories.

Une première catégorie qui comprend les **australopithèques** au sens large, groupe qui comprend le genre australopithèque (lettre A sur le document) et des australopithèques robustes que les spécialistes classent dans le genre paranthrope (lettre P sur le document).

Une seconde catégorie est constituée des espèces regroupées dans le **genre Homo** (lettre H sur le document).

Un troisième groupe peut être constitué des **homininés les plus anciens** et rassemble trois genres : Sahelanthropus, Orrorin et Ardipithecus.

Ce document ne doit pas être vu comme une image fixe et définitive du passé mais comme une représentation de l'état des connaissances actuelles qui par ailleurs font l'objet de nombreuses discussions chez les spécialistes.

Ainsi, la place de Sahelanthropus tchadensis (plus connu sous le nom de Toumai) dans la lignée humaine fait débat tout comme la place d'Homo habilis au sein du genre Homo ou de déterminer si Homo sapiens et Homo neanderthalensis constituent 2 espèces différentes.

Ce document n'est pas à retenir dans le détail ; il vise à illustrer la diversité des espèces au sein de la lignée humaine et poser quelques repères temporels.

Questions ① **Indiquer** la durée de vie des espèces suivantes : Australopithecus afarensis, Homo erectus, Homo sapiens.

- 2 **Expliquer** comment les paléanthropologues peuvent estimer la durée de vie d'une espèce.

Il ne saurait être question d'étudier dans le détail chacune de ces espèces. Ce travail est réservé aux spécialistes. À travers quelques exemples, nous cherchons à montrer la diversité des hominins.

- 3 **Commencer par recopier** le tableau (document 11) sur une feuille A3. Ce tableau doit être **complété** à l'aide du logiciel hominins, du document 12 et éventuellement le site hominides.com.

► Aide pour l'utilisation du logiciel hominins.

- Choisir hominidés fossiles.
- Les couleurs des points représentent des espèces pour le genre Homo ou genre pour les australopithèques. Chaque point correspond à un fossile particulier auquel au nom de l'espèce qu'il représente est associé une référence qui peut être un code ou le nom du lieu où ce fossile a été trouvé.

Exemple : L'homme de Tautavel, Homo habilis ER 1813.

- Une même espèce peut être représentée par plusieurs fossiles. Un fossile peut se limiter à une partie du squelette comme un crâne par exemple. Celui-ci peut être incomplet.
- S'il est utile de regarder l'ensemble des fossiles proposés, les références à utiliser pour compléter le tableau sont les suivantes :

Fossile	Référence
Australopithecus africanus	Australopithecus africanus sterckfontein 5
Homo habilis	OH 24 et ER 1813
Homo ergaster	KNMER 3733 et KNMER 3883
Homo erectus	Homo erectus sinanthropus
Homo neandertalensis	Homme de la Chapelle aux Saints
Homo sapiens	Homme de Cro-Magon

- Pour la mesure de l'angle facial, se reporter à l'activité précédente.

Document 11 *Comparaison de quelques hominés fossiles*

Ce tableau est à recopier et compléter en utilisant le document 12 et le logiciel Homininés.

	A. africanus	Homo habilis	Homo ergaster	Homo erectus	Homo neanderthalensis modernes	Homo sapiens modernes
Durée de vie estimée						
Lieu de vie						
Schémas de crâne	Schéma de crâne à coller			Schéma de crâne à coller	Schéma de crâne à coller	Schéma de crâne à coller
Volume cranien						
Angle facial						
Bourrelets sus-orbitaires (+ ou -)						
Forme de la mandibule (en u ou v ou intermédiaire)						
Position du trou occipital						
Mode de déplacement						
Aptitude à la course (+ ou -)						
Utilisation d'outils Nommer et coller le schéma correspondant						
Feu						
Art						
Sépultures						

Document 12 *Des galets taillés aux peintures pariétales.*

Nous savons que les chimpanzés par exemple, utilisent des morceaux de bois pour extraire les termites de leur termitière ; ils utilisent également des brindilles pour recueillir la moelle des os...

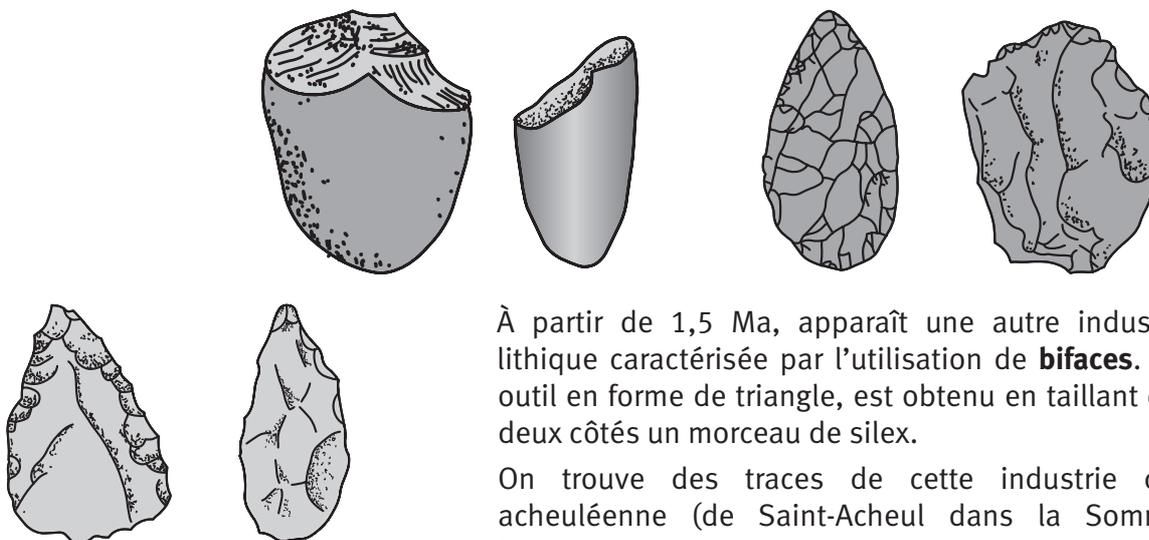
En se servant de pierre comme marteaux et enclumes, ils parviennent à casser des noix. Ces comportements attestent de la capacité des chimpanzés à utiliser de outils. Par ailleurs, nous savons qu'un comportement observé dans un groupe de chimpanzé peut être inconnu d'un groupe de chimpanzé vivant sur un site distant du premier (voir séquence 4). Ces comportements se transmettent donc de génération en génération. On peut parler d'une transmission culturelle. L'outil ne fait plus l'homme...

Il est évident que ces outils sont rapidement dégradés et ne laisseront aucune trace pour un éventuel observateur du futur.

Quand les paléontologues remontent le temps, l'utilisation d'outils ne peut être attestée que par la présence de pierres modifiées, taillées afin de servir au mieux l'intention de son utilisateur. Mais rien n'indique qu'avant cette industrie dite lithique (lithos = pierre), les représentants de la lignée humaine n'utilisaient pas d'outils. L'absence de preuves ne constitue pas une preuve de l'absence.

Les pratiques ont évolué au cours du temps que ce soit sur le plan des méthodes de fabrication, des matériaux utilisés définissant ainsi des ensembles homogènes auxquels les spécialistes ont donné des noms formés généralement à partir du nom de la localité ou le type d'industrie a été la première fois mise en évidence.

Dans les gorges d'Olduvai en Tanzanie, les chercheurs ont mis en évidence une industrie lithique dont l'origine semble remonter à 2,5 Ma. Cette industrie se caractérise par la fabrication de galets auxquels quelques éclats ont été enlevés par percussion. À ces **galets taillés** sont également associés des galets présentant une face tranchante, les **choppers**. Cette culture oldowayenne (nom dérivé de Olduvai) est présente jusqu'à 1 Ma.

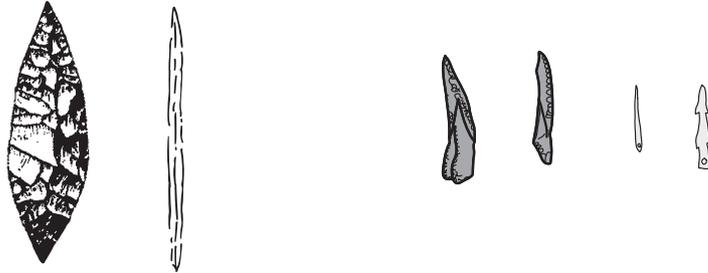


À partir de 1,5 Ma, apparaît une autre industrie lithique caractérisée par l'utilisation de **bifaces**. Cet outil en forme de triangle, est obtenu en taillant des deux côtés un morceau de silex.

On trouve des traces de cette industrie dite acheuléenne (de Saint-Acheul dans la Somme) jusqu'à 80 000 ans.

Il y a 100 000 ans, on observe la présence d'une grande diversité de pierres taillées ; diversité qui concerne la forme de l'outil ou sa dimension. Ce type d'industrie caractérise le moustérien associé aux Neandertaliens.

À partir de 40 000 ans, on peut noter une diversification des matériaux utilisés (os, ivoire) et des outils fabriqués (grattoirs, harpons, lance...).



Il faut également noter, qu'au cours d'une même période, différents types d'industries ont pu coexister. Cela est à mettre en relation avec la coexistence sur cette même période de différents groupes d'homininés.

Cette période voit également apparaître les premières peintures pariétales.



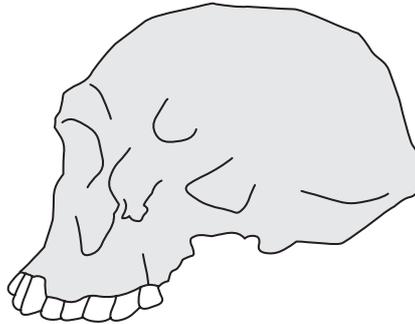
- Questions**
- 4 **Justifier** la présence des australopithèques dans la lignée humaine. Pour cette question, il est nécessaire de consulter les différentes données relatives aux australopithèques disponibles sur le logiciel Hominés et/ou le site hominides.com.
 - 5 **Déduire** de votre travail, les caractéristiques que l'on peut associer au genre Homo.
 - 6 La place d'Homo habilis au sein du genre Homo est discutée. **Rechercher**, en vous appuyant sur vos connaissances et le document 13, quels sont les arguments favorables et les arguments défavorables à son appartenance au genre Homo.

Document 13 Les caractéristiques d'*Homo habilis*

Homo sapiens

Durée de vie de l'espèce: - 3 ou -4 à -1,6 millions d'années.

Répartition de l'espèce: Kenya, Ethiopie, Tanzanie, Afrique du Sud.



Comportement:

Bipède encore arboricole (membres antérieurs plus longs que les membres postérieurs, doigts longs, pied vouté non propulsif). Omnivore.

Moulage endocrânien montrant une vascularisation développée au niveau de l'aire de Broca, aire du langage articulé mais larynx trop peu développé pour permettre d'utiliser une grande gamme de sons.

L'espèce présentait un fort dimorphisme sexuel, les femelles étant beaucoup plus petites que les mâles.

Aspect général:

Taille: 1,15 à 1,30 m

Poids: 30 à 40 kg

Profil:

Front très légèrement redressé

Face plus réduite

Prognathe

Caractéristiques du crâne:

Capacité crânienne: 550 680 cm³

Très faible bourrelet sus-orbitaire

Prémolaires à 2 racines et molaires de taille réduite

Canine et incisive développées

Trou occipital presque centré

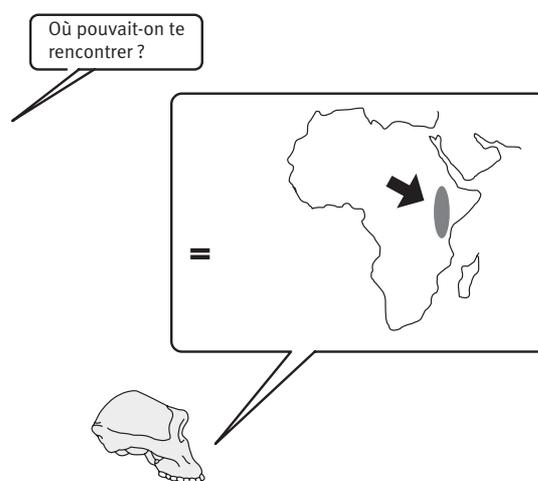
Crête nucale d'insertion des muscles

Activité 5 Montrer que l'évolution humaine est buissonnante

Document 14 Répartition spatiale et temporelle de quelques espèces de la lignée humaine

Le document représente la répartition spatiale de quelques espèces au cours du temps. Cette répartition n'est pas absolue mais s'appuie sur des fossiles recensés.

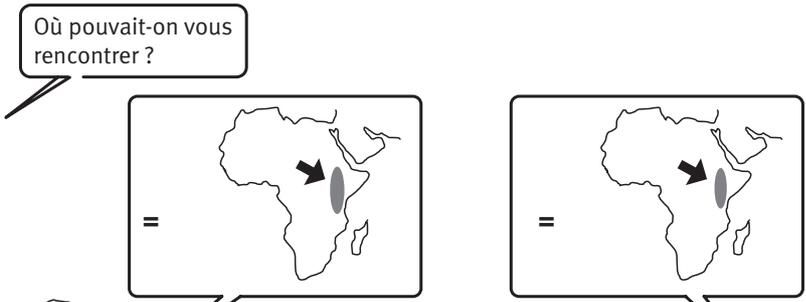
► Il y a 3 millions d'années



Australopithecus afarensis

► Il y a 2 millions d'années

Où pouvait-on vous rencontrer ?

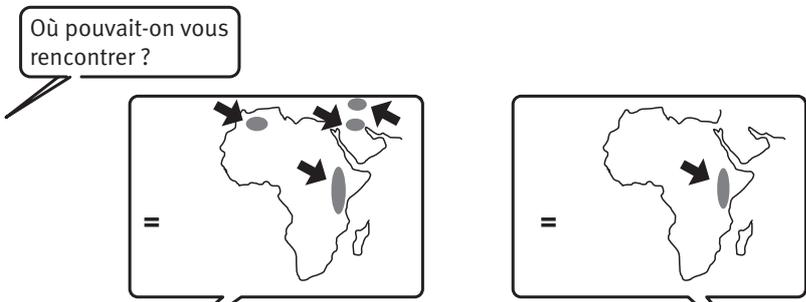


Paranthropus boisei

Homo habilis

► Il y a 1,4 millions d'années

Où pouvait-on vous rencontrer ?

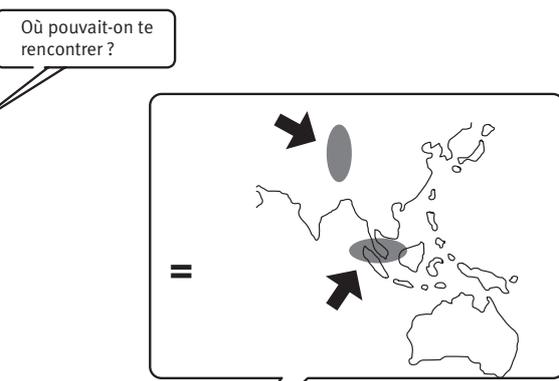


Homo ergaster

Homo habilis

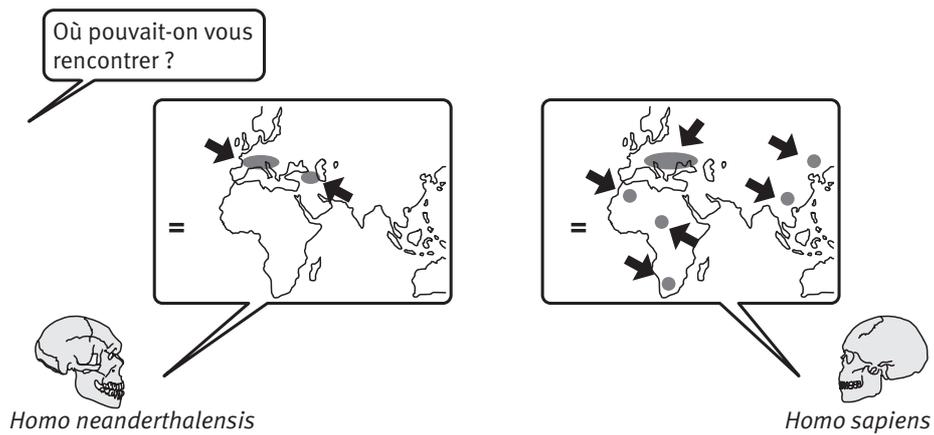
► Il y a 0,8 millions d'années

Où pouvait-on te rencontrer ?

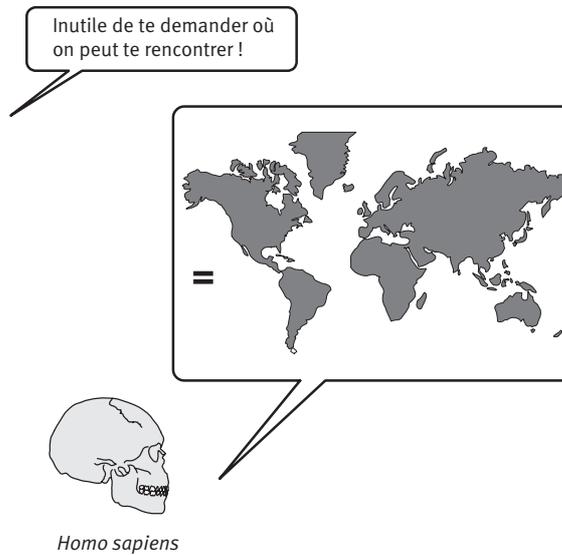


Homo erectus

► Il y a 60 000 ans



► Aujourd'hui



Questions ① **Rechercher** des arguments (document 10 et 14) montrant que l'évolution de la lignée humaine est buissonnante et non linéaire. Par évolution linéaire on entend le remplacement d'une espèce par une autre.

Représentation schématique d'une évolution linéaire :

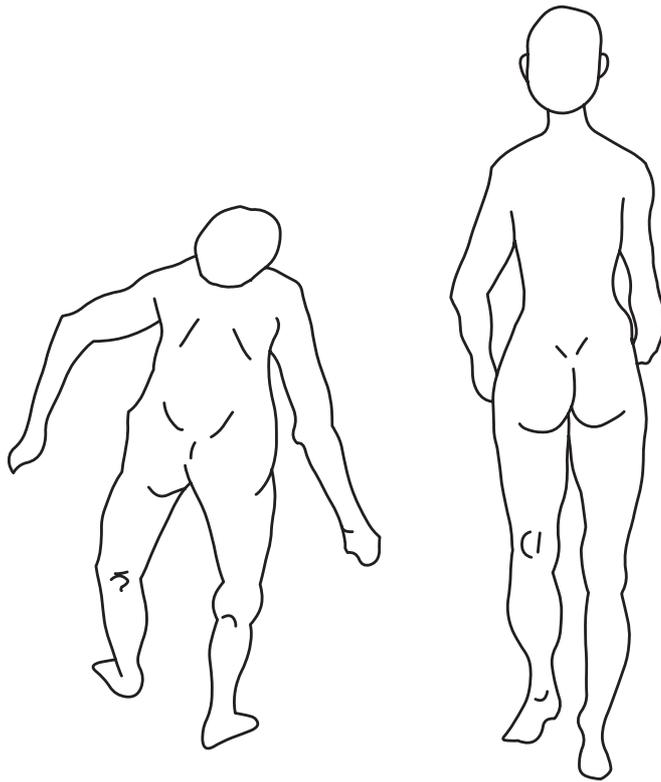
Espèce A → espèce B → espèce C → Homo sapiens

② En vous appuyant sur le document 10, **montrer** en quoi la situation d'Homo sapiens est aujourd'hui singulière.

À retenir

Il n'existe pas une succession linéaire d'ancêtres aboutissant à l'homme mais une multitude d'espèces ancestrales dont le succès évolutif repose sur des bipédies plus ou moins développées, des mâchoires plus ou moins robustes et des cerveaux plus ou moins volumineux, sans oublier l'usage d'outils. C'est une évolution en mosaïque qui décline les caractères fondamentaux de notre lignée évolutive (Pascal Picq, paléanthropologue).

Les plus anciens australopithèques sont datés de - 4 Ma et les plus récents de -1 Ma. Tous les fossiles d'australopithèques ont été découverts en Afrique (Afrique de l'est, du sud et au Tchad).



Plusieurs espèces d'australopithèques ont été identifiées et ont en commun une petite taille, un crâne de faible volume (380 à 500 cm³ selon les espèces), un trou occipital avancé et une arcade dentaire à mi chemin entre celle du chimpanzé et la mâchoire parabolique du genre Homo.

Les australopithèques sont bipèdes mais la bipédie n'est pas aussi aboutie que celle du genre Homo ; ils marchent en balançant les bras et roulant les hanches.

Certains caractères anatomiques (longueur des bras, doigts recourbés...) laissent penser qu'ils devaient conserver la capacité de grimper aux arbres et de se suspendre aux arbres.

Entre -4 et -3 Ma plusieurs espèces d'australopithèques ont cohabité

et entre -2,5 Ma et -1 Ma certains d'entre eux ont cohabité avec les premiers représentants du genre Homo qui apparaît il y a 2 ma environ.

Le genre Homo regroupe l'homme actuel et des espèces fossiles qui se caractérisent par une face réduite (plane), un dimorphisme sexuel peu marqué sur le squelette, un style de bipédie avec trou occipital avancé et aptitude à la course à pied, une mandibule parabolique. La production d'outils complexes (industrie lithique) et une variété des pratiques culturelles sont associées au genre Homo mais de façon non exclusive.

L'appartenance d'Homo habilis au genre Homo est discutée. Le premier représentant du genre homo serait, selon certains auteurs, Homo ergaster.

Ceux-ci présentent une anatomie témoignant d'une bipédie exclusive et aboutie et d'une aptitude à la course, une réduction du dimorphisme sexuel, un volume endocranien (900 cm³) largement supérieur à celui des australopithèques.

Homo ergaster est associé à deux cultures préhistoriques : l'Oldowayen et l'Acheuléen (bifaces, nombreux outils) et apprend à maîtriser le feu.

Une brève histoire du genre Homo.

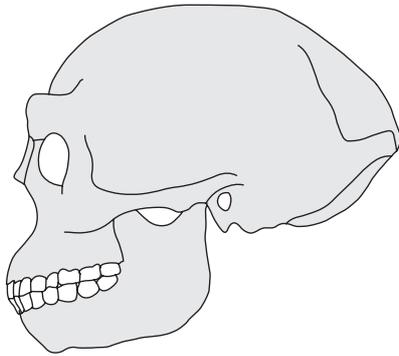
Il y a 2 Ma environ, le genre Homo quitte l'Afrique. Les premières populations d'homininés à quitter l'Afrique pourraient être des Homo ergaster.

Ces populations rejoignent l'Asie où elles auraient été à l'origine des Homo erectus. Les Homo erectus au sens strict sont donc des formes asiatiques.

Homo erectus

Durée de vie de l'espèce : - 1,9 millions d'années à - 150 000 ans.

Répartition de l'espèce : Asie



Comportement :

Faible dimorphisme sexuel. Omnivore.

Forte vascularisation de l'aire de Broca et position base du larynx favorable à la parole.

Bipède, taillé pour la course. Grottes et cabanes.

« Inventeur » du feu entretenu. premiers rituels.

Aspect général :

Taille : 1,50 à 1,80 m

Poids : 50 à 60 kg

Profil :

Front fuyant

Absence de menton

Nuque large

Carène frontale et occipital

Face plus réduite et faible prognathisme

Caractéristiques du crâne :

Capacité crânienne : 9000 à 1000 cm³

Bourrelet sus-orbitaire en forme de visière

Yeux écartés

Canine et incisive développées

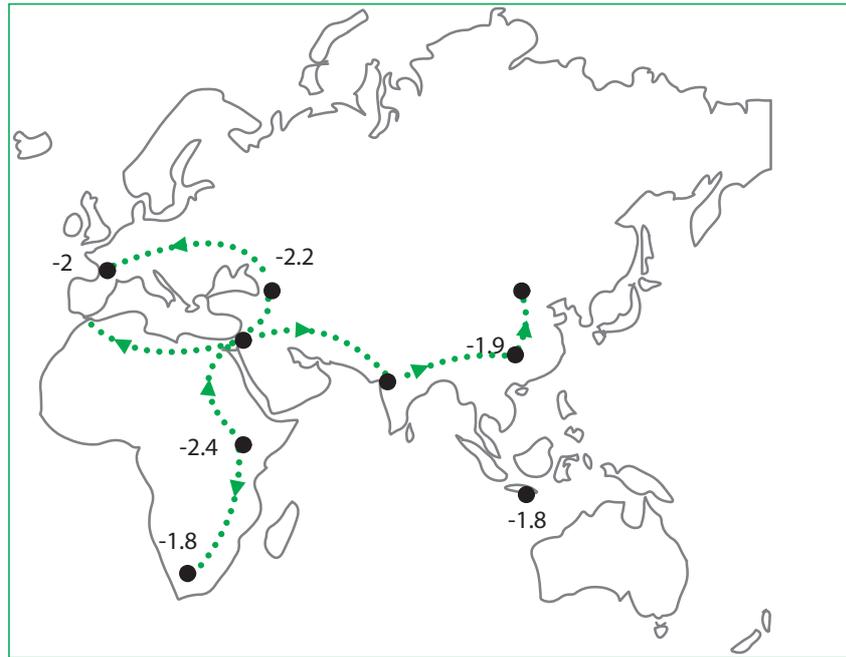
Dents massives et émail épais

Trou occipital centré

Mandibule parabolique haute et robuste

Les populations d'Ergaster restés en Afrique ont elles aussi évoluées et seraient à l'origine d'une nouvelle espèce, Homo Heidelbergensis. Les formes européennes d'Homo heidelbergensis pourraient être à l'origine des Homo neanderthalensis alors que les formes africaines auraient donné naissance aux Homo sapiens anciens.

Document 15 Le genre Homo quitte l'Afrique

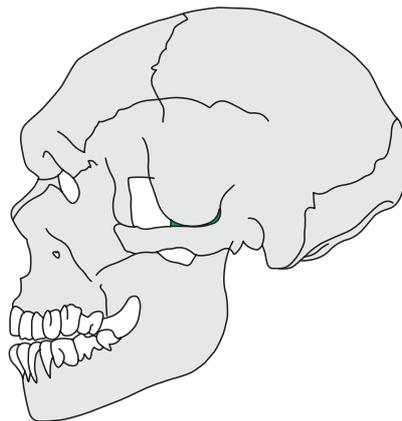


Homo neanderthalensis, l'homme de Neandertal est connu de -230 000 ans à -30 000 ans. Des fossiles de cette espèce ont été trouvés en Europe, en Asie et au Proche-Orient.

Homo neanderthalensis

Durée de vie de l'espèce : - 230 000 à - 30 000 ans.

Répartition de l'espèce : Europe occidentale (de l'Ouzbékistan au proche orient)



Comportement :

Omnivore. Bipède.
Huttes.
Culte rendu aux morts : offrandes et ensevelissement.

Aspect général :

Taille : 1,55 à 1,65 m
Poids : 70 à 90 kg

Profil :

Bourrelet sus-orbitaire très développé
Face réduite et non prognathe
Front bas et fuyant
Face sans pommettes
Nez saillant
Menton absent

Caractéristiques du crâne :

Capacité crânienne : 1500 à 1750 cm³
Crâne étiré vers l'arrière et terminé par un chignon

Il cohabite avec Homo sapiens et disparaît il y a 30 000 ans. Les raisons de sa disparition ne sont toujours pas connues et font l'objet de discussions entre spécialistes.

Depuis la disparition des néandertaliens, Homo sapiens est aujourd'hui le seul représentant du genre Homo.

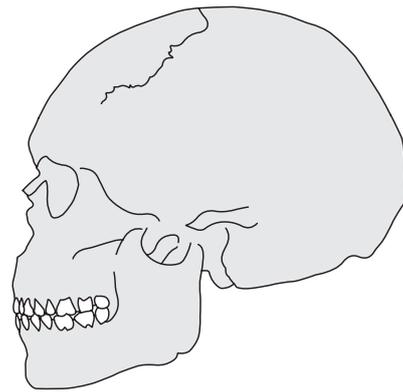
Les Homos sapiens seraient apparus en Afrique il y a un peu moins de 200 000 ans. Il y a 100 000 ans, ces homo sapiens auraient quitté l'Afrique remplaçant ainsi les populations d'Homo erectus et les néandertaliens. Leur présence est attestée au Moyen-Orient il y a 90 000 ans, en Australie et en Asie il y a 50 000 ans, en Europe il y a 40 000 ans (homme de Cro-Magnon).

Homo sapiens

Durée de vie de l'espèce :

- 200 000 ans à l'actuel.

Répartition de l'espèce : les plus anciens au Proche Orient et aujourd'hui sur toute la planète.



Aspect général :

Taille : 1,80 m

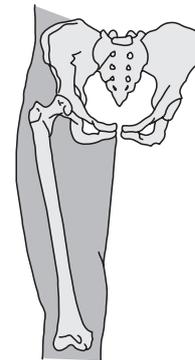
Poids : 50 à 80 kg

Profil :

Absence de bourrelet sous-orbitaire

Caractéristiques du crâne :

Capacité crânienne : 1450 cm³ (allant de 1000 à 2000)



Comportement :

Bipède.

Outils très diversifiés, sculptures et peintures, jeux vidéo...

Culte rendu aux morts : offrandes et ensevelissement.

Habite dans des cabanes, des grottes, des immeubles, des pavillons...

La lignée humaine est constituée de nombreuses espèces fossiles. Est-il possible d'établir des relations phylogénétiques entre ces différentes espèces ?

c) Des relations phylogénétiques difficiles à établir

L'établissement de relations de parenté au sein du genre Homo se heurte à de nombreuses difficultés. L'une d'entre elle concerne la difficulté de classer un fossile dans une espèce donnée.

Activité 6 Des positions taxonomiques difficiles à établir.

Les néandertaliens ont livré quelques centaines de fossiles (le premier fossile a été découvert en 1856) et font partie des hominins les mieux connus. Pourtant, leur relation de parenté avec Homo sapiens font toujours l'objet de discussions chez les spécialistes.

S'agit-il d'une espèce différente d'Homo sapiens ou bien appartient-il à la même espèce ; il serait dans ce cas une sous-espèce, Homo sapiens neandertalensis.

Les données moléculaires peuvent-elles permettre de préciser la position taxonomique des néandertaliens ?

Au cours de ces dernières années, les chercheurs ont déchiffré l'ADN mitochondrial de plusieurs néandertaliens provenant de différents sites afin de le comparer à l'ADN de différents Homo sapiens. L'ADN mitochondrial comporte environ 160000 bases.



Ces données sont accessibles avec le logiciel phylogène.

Fichier → ouvrir → Fichier de molécules

Ouvrir la collection Homininés → Molécules → lignée humaine_ADNmt → lignée humaine et chimpanze. aln.

Sélectionner les séquences d'ADN suivantes :

- Hommes modernes : Allemand, georgien et français.
- Néandertaliens : Vindija (Croatie), Feldhofer 1 (Allemagne), Croatie, Elsidron (Espagne), Feldhofer 2.
- Pan paniscus.
- Pan troglodytes troglodytes, Pan troglodytes verus, Pan troglodytes vellerosus et Pan troglodytes schweinfurthii.

Le bonobo ou chimpanzé nain appartient à l'espèce Pan paniscus. Le chimpanzé commun, plus grand que le bonobo, appartient à l'espèce Pan troglodytes dont on connaît plusieurs sous-espèces : Pan troglodytes troglodytes, Pan troglodytes verus, Pan troglodytes vellerosus et Pan troglodytes schweinfurthii.

- Questions**
- 1 **Établir** la matrice des distances en pourcentage. **Enregistrer** puis coller l'image de la matrice des distances obtenues.
 - 2 Sur la base de caractères anatomiques et culturels, les néandertaliens ont été classés dans le genre Homo. **Montrer** que les données moléculaires confirment cette classification.

Ces données permettent-elles de valider l'une de deux hypothèses posées concernant la position taxonomique des néandertaliens. Votre production prendra la forme d'un texte argumenté.

- 3 Enregistrer puis coller l'arbre obtenu à partir des données moléculaires. Vous devez comprendre comment l'arbre est construit à partir de la matrice des distances.

À retenir

On ne peut pas aujourd'hui reconstituer les relations phylogénétiques au sein de la lignée humaine. Une première incertitude est liée à la difficulté qu'ont les paléanthropologues d'attribuer un fossile à une espèce donnée. Par ailleurs, selon les critères retenus on parvient à des relations phylogénétiques différentes.

3. L'acquisition du phénotype humain

Remarque

De nombreuses notions de cette partie ont déjà été étudiées dans le cadre de la séquence 4, chapitre 5. Vous devez réinvestir vos connaissances dans le contexte de l'évolution humaine.

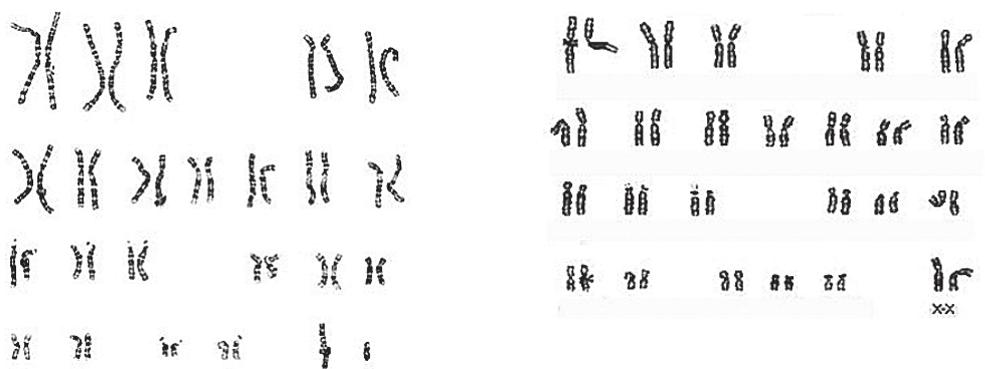
Nous avons montré que l'homme et le chimpanzé partageaient un ancêtre exclusif. Nous avons également montré que des différences notamment sur le plan anatomique et morphologique existaient entre les deux espèces.

Ces différences peuvent-elles s'expliquer par des différences au niveau du génome ?

a) Le paradoxe de l'Homme et du Chimpanzé

Activité 7 Rechercher les similitudes chromosomiques et génétiques entre l'homme et le chimpanzé

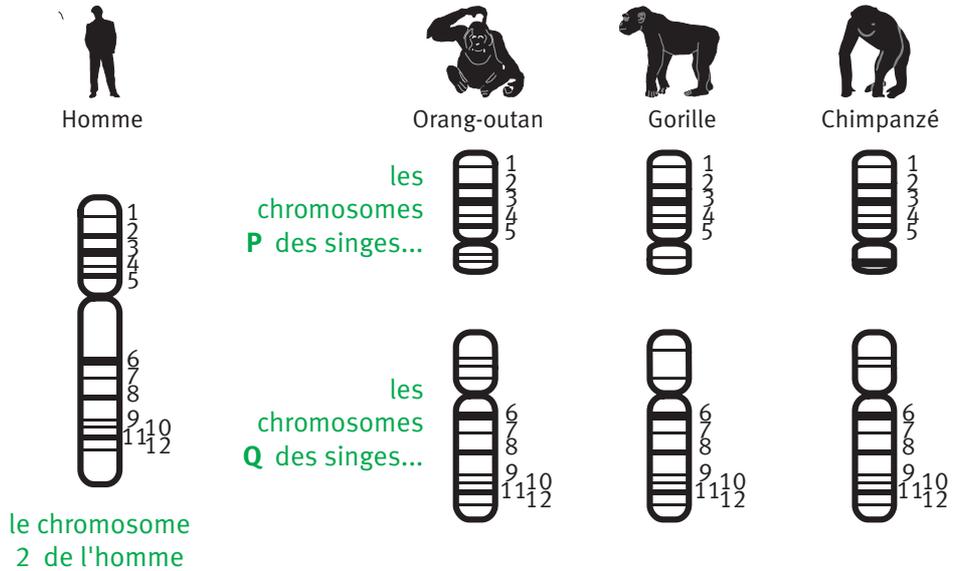
Document 16 *Un caryotype humain (à gauche) et un caryotype de chimpanzé (à droite)*



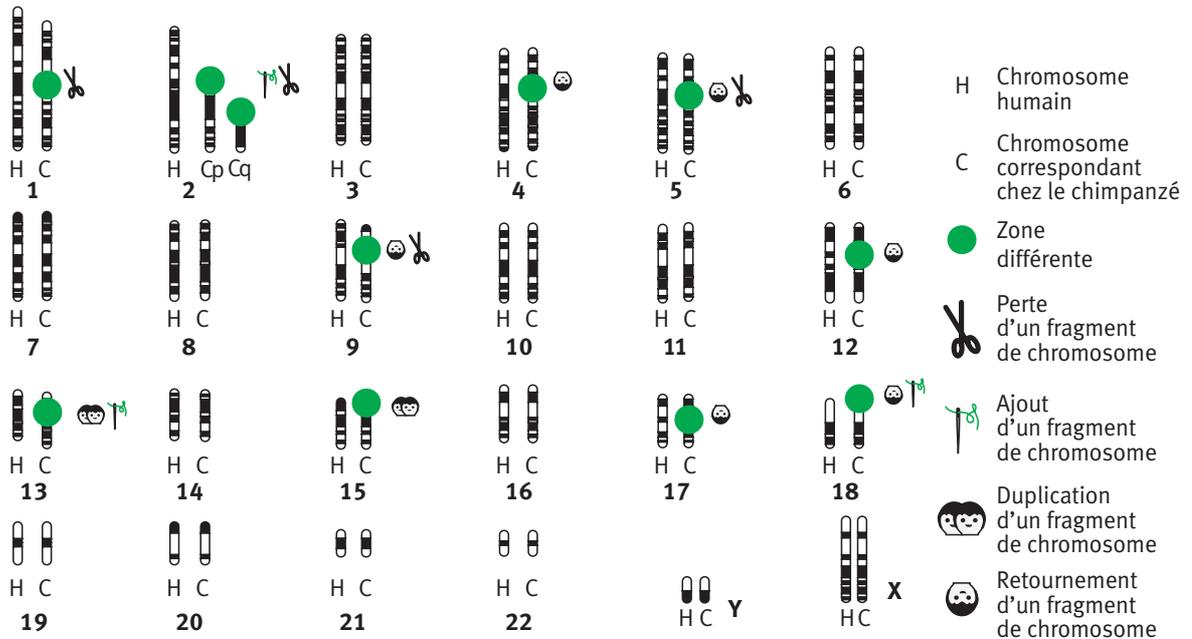
Document 17 *Comparaison « des chromosomes », de la paire numéro 2, de l'Homme, du Chimpanzé, de l'Orang-outan et du Gorille.*

On peut observer la disposition des bandes sombres et des bandes claires au niveau des chromosomes 2p, 2q et 2 de l'Homme et de trois singes anthropomorphes.

Les chiffres 1, 2, 3 jusqu'à 12 correspondent à des parties demeurées constantes.



Document 18 *Remaniements chromosomiques entre les chromosomes humains et les chromosomes de chimpanzé.*



Document 19 *Remaniements chromosomiques entre les chromosomes 2p, 2q et 2 de l'Homme et de trois singes anthropomorphes*

	Homme	Chimpanzé	Gorille	Orang-outan
Homme	0			
Chimpanzé	1 fusion	0		
Gorille	1 fusion 1 inversion	1 inversion	0	
Orang-outan	1 fusion 2 inversions	2 inversions	1 inversion	0

Questions ① Montrer que les données présentées dans les documents ci-dessus confirment les conclusions établies au cours de l'activité 1 et 2.

Aide

Aide 1 : Comparer les chromosomes 2 et 2p et 2q et formuler une hypothèse sur leur origine relative.

Aide 2 : Réaliser un arbre phylogénétique.

Document 20 *Le génome du chimpanzé séquencé*

On peut comparer la séquence codante de **gènes homologues** pour différents primates.

Ici, on étudie la séquence codante de la protéine NAD. Cette séquence d'ADN est constituée de 237 paires de bases pour l'Homme, le Gibbon, le Chimpanzé, le Gorille et l'Oran-Outang.

Document 20 a *Portion d'ADN codante pour la protéine NAD pour différents Primates.*

	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	
NAD_Homme	0	ATAACCATGCACACTACTATAACCCACCCCTAACCCCTGACTTCCTTAATTC	10	CCCCCATCCTTACCACCCCTGTTAACCCCTAACAAAAAAACTCAT	20		30		40		50
NAD_Chimpanzé	0	T	T	C	T	A	C	T	A		
NAD_Gibbon	0	G	A	T	C	C	G	TT	G	A	C
NAD_Gorille	0	T	T	G	C	T	A	GT	T	A	C
NAD_Orang-outar	0	C	G	TTT	C	C	TG	C	T	A	

Document 20 b *Tableau de comparaison des gènes codants NAD pour ces Primates. Nombre d'homologies par séquence.*

	Homme	Chimpanzé	Gorille	Gibbon	Orang-Outan
Homme	0	211	205	180	179

Document 20 c *Le génome du chimpanzé enfin séquencé*

En 2005, s'est achevé le séquençage du génome du chimpanzé Clint appartenant à la sous espèce *Pan troglodytes verus*. L'étude comparative avec le génome humain montre que 99% des 6 milliards de bases sont identiques.

Questions ② **Utiliser** les documents ci-dessus afin d'apporter une réponse argumentée au problème posé.

À retenir

La comparaison des caryotypes de l'homme et du chimpanzé a montré de nombreuses similitudes. Les quelques différences s'expliquant par des remaniements chromosomiques.

Le séquençage du génome du chimpanzé a montré de grandes similitudes des séquences des gènes homologues (99 % de bases identiques) et ne permet pas d'expliquer les différences constatées sur le plan morphologique, anatomique et cognitif et constitue un paradoxe.

Comment des espèces aussi proches génétiquement peuvent présenter autant de différences ?

b) Une variation dans la chronologie de gènes communs

Activité 8 **Montrer que les différences crâniennes entre l'homme et le singe peuvent s'expliquer par une chronologie du développement différente.**

Document 21 *Le développement chez l'homme et le singe*

Le développement chez l'homme et le singe se déroule en plusieurs étapes. À la **phase embryonnaire** succèdent la **phase fœtale** puis la **phase lactéale** marquée par l'acquisition de la première dentition puis la **phase de substitution** au cours de laquelle les dents de lait sont remplacées par les dents définitives et enfin la phase adulte caractérisée par l'acquisition de la maturité sexuelle.

On peut constater un allongement de la phase embryonnaire chez l'homme qui dure 8 semaines au lieu de 6 semaines chez le chimpanzé.

C'est durant cette seule phase que se multiplient les cellules nerveuses, jusqu'à 5 000 neurones par seconde, ce qui aboutit à nos quelques 100 milliards de neurones. La phase fœtale, en revanche, est plus courte chez l'homme que chez le chimpanzé. L'accouchement se produit vers le 238^e jour pour le chimpanzé et vers le 266^e jour chez l'homme, soit un mois de différence seulement pour la durée totale de la gestation, alors que la phase embryonnaire humaine est plus longue de six semaines.

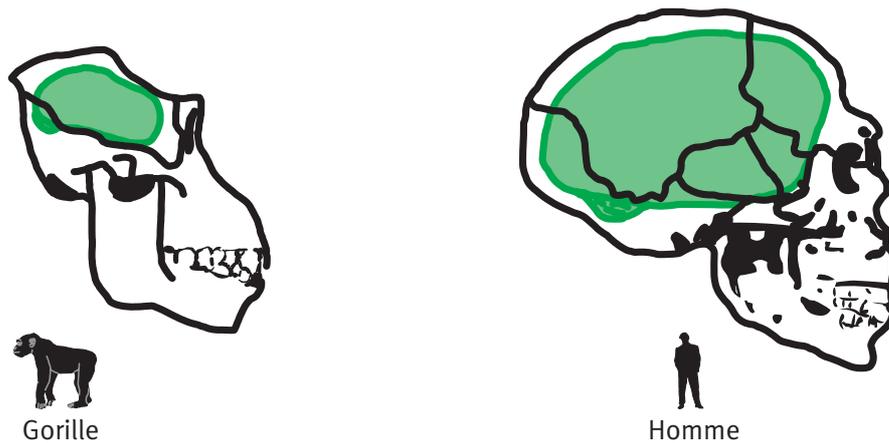
Après la naissance vient la phase dite lactéale, qui s'achève avec l'apparition de la première molaire supérieure. Cela se produit vers 3 ou 4 ans chez le chimpanzé, et 6 ou 7 chez l'homme. C'est durant cette période, vers l'âge de un an et demi, que se produit chez le chimpanzé le processus de remontée du trou occipital vers l'arrière, ce qui entraîne la quadrupédie. Jusque-là, le jeune chimpanzé est autant bipède que quadrupède.

Chez le gorille, plus éloigné de nous génétiquement que le chimpanzé, cet épisode survient dès l'âge de un an. En revanche, chez le jeune humain, la remontée n'a pas lieu, permettant ainsi la bipédie permanente.

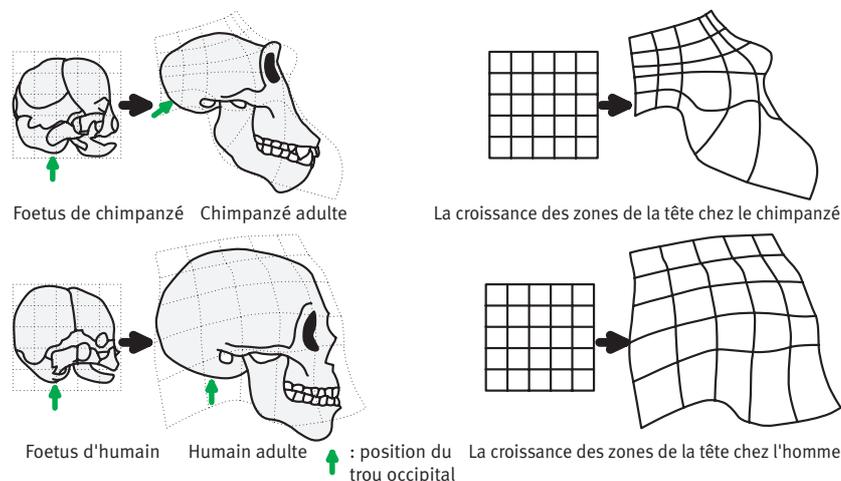
Au cours de la phase de substitution apparaissent, chez le chimpanzé, les caractères qualifiés de simiesques que sont les bourrelets sous-orbitaires et la face projetée vers l'avant.

C'est également au cours de cette période que s'effectue l'apprentissage de la pensée réfléchie. Les grands singes s'arrêtent de grandir vers 8 ou 10 ans alors que la croissance humaine se poursuit jusqu'à 16 ans chez les filles et 21 ans chez les garçons.

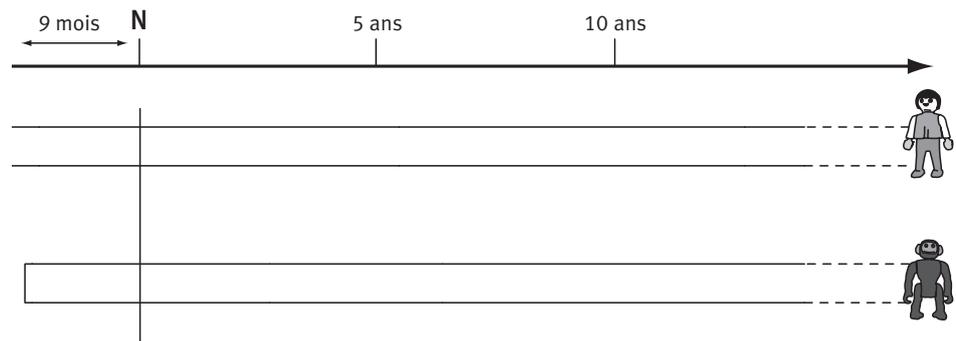
Document 22 *Comparaison de la taille relative du cerveau humain et de l'orang-outang*



Document 23 *Crânes humains et crânes de chimpanzé à différents stades du développement*



Document 24 *Chronologie du développement chez le chimpanzé et l'homme*



Question ① Sur le document –ci-dessus :

- ▶ **Représenter** pour l'homme et le chimpanzé les périodes suivantes : phase embryonnaire, phase fœtale, phase lactéale, phase de substitution, phase adulte. Choisir un code couleur par période à représenter.
- ▶ **Placer** les événements suivants : migration du trou occipital, première molaire, multiplication des neurones, apparition des bourrelets sus-orbitaires, prognathisme, maturité sexuelle.

Document 25 *Chronologie du développement chez le chimpanzé et l'homme*

« Le développement d'une espèce, de l'œuf au stade adulte, est appelé ontogenèse ». Elle peut être modifiée chez ses descendants au niveau de sa durée ou de sa vitesse par des altérations, appelées par Haeckel **hétérochronies...** « Ces altérations, que j'appelle les horloges du vivant en raison de leur fonctionnement, affectent essentiellement le développement des caractères de l'espèce mais pas l'organisme dans son ensemble. Elles déterminent deux types de motifs évolutifs opposés. Dans le premier cas, le développement de certains caractères de l'espèce dérivée peut être ralenti, tronqué par rapport à son ancêtre, ce qui a pour effet de permettre au descendant de conserver à l'état adulte l'aspect juvénile de son ancêtre... A l'inverse, l'allongement du développement ou son accélération donnent au caractère descendant un aspect hyperadulte, beaucoup plus évolué que celui de son ancêtre. »

Jean Chaline, Un millions de générations :
aux sources de l'humanité, 2000.

- Questions**
- ② **La néoténie** en zoologie est l'aptitude pour un animal de se reproduire à l'état larvaire, par extension, c'est l'aptitude de conserver des caractéristiques juvéniles chez un adulte. **Montrer** que ce terme peut s'employer pour caractériser le phénotype humain.
 - ③ **Montrer** que les différences crâniennes observées entre l'homme et le chimpanzé peuvent s'expliquer par des processus hétérochroniques dont vous préciserez l'origine.

Aide

- Comparer la forme du crâne chez le chimpanzé et l’homme au stade fœtal et adulte.
- Comparer les chronologies du développement.
- Relier variations dans la chronologie et caractères crâniens.
- Rechercher une explication en mobilisant les connaissances acquises sur les gènes de développement.
- Mots scientifiques à utiliser : hétérochronie, gènes de développement ; expression des gènes.

À retenir

Au cours de l’ontogénèse, les caractères anatomiques se mettent en place en suivant un ordre et une chronologie précise. Par conséquent, des mutations génétiques perturbant l’ordre d’acquisition de ces caractères au cours du développement ou la durée de ces différentes phases peuvent avoir des conséquences sur la morphologie de l’adulte.

Ces processus sont qualifiés d’**hétérochroniques**. Ces mécanismes pourraient être à l’origine de l’évolution de certains caractères au sein de la lignée humaine.

Ainsi, un crâne fœtal humain ressemble à un crâne fœtal de chimpanzé alors que les crânes adultes sont très différents. En prenant comme référence ancestrale, le crâne de chimpanzé, on peut émettre l’hypothèse que depuis l’ancêtre commun à l’homme et au singe il se serait produit un ralentissement de la croissance qui traduit également par une augmentation de la durée des différentes phases de la croissance. Selon les chercheurs, d’autres caractères comme le bassin par exemple, auraient évolué par accélération. Ce serait donc plusieurs processus hétérochroniques qui pourraient expliquer l’apparition des caractères dérivés de la lignée humaine.

Ces processus hétérochroniques pourraient avoir pour origine des mutations sur les **gènes de développement**.

c) L’influence de l’environnement

Document 26 *Victor, l’enfant sauvage étudié par Jean Itard*

De nombreux cas d’enfants dits sauvages « élevés » par des animaux ont été recensés depuis la nuit des temps, tel « Remus et Romulus » de la mythologie romaine. Un des plus connus et étudié est l’enfant Victor de l’Aveyron.

C’est vers l’année 1800, dans le sud de la France, en Aveyron, que des chasseurs découvrent et capturent un enfant d’une douzaine d’années, vivant nu à l’état sauvage. Ce même enfant avait déjà été aperçu à plusieurs reprises depuis les années 1797.

Un débat s'ouvre autour de cet enfant : pour les uns Victor est un « arriéré mental incurable » ; pour les autres, Victor souffre d'un **déficit éducatif dû à un isolement social prématuré et prolongé.**

Parmi ces derniers, Jean Itard, va étudier et tenter de rééduquer le jeune Victor. Dans ces écrits on peut lire :

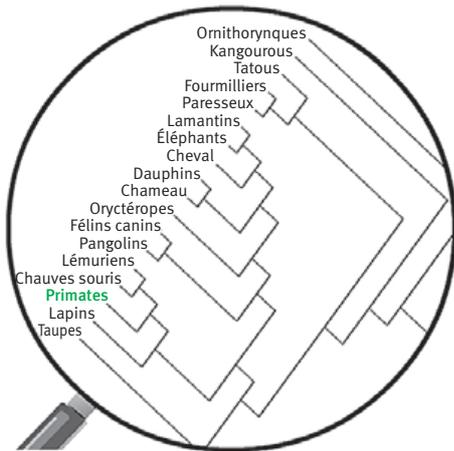
« ...ses yeux sans fixité, sans expression, errant vaguement d'un objet à l'autre sans jamais s'arrêter à aucun, si peu instruits d'ailleurs, et si peu exercés par le toucher, qu'ils ne distinguaient point un objet en relief d'avec un corps en peinture : l'organe de l'ouïe insensible aux bruits les plus forts comme à la musique la plus touchante : celui de la voix réduite à un état complet de mutité et ne laissant échapper qu'un son guttural et uniforme : l'odorat si peu cultivé qu'il recevait avec la même indifférence l'odeur des parfums et l'exhalaison fétide des ordures dont sa couche était pleine ; enfin l'organe du toucher restreint aux fonctions mécaniques de la préhension des corps. »

La rééducation de Victor, tentée avec beaucoup de conviction par Jean Itard est un quasi-échec. Victor balbutie quelques mots mais **ne parlera jamais**, utilise quelques objets, mais reste **totalemtent inadapté sur le plan social et sexuel**. Victor apprend toutefois certains gestes, certaines aptitudes inaccessibles à des animaux.

À retenir

Seul, le génotype ne suffit pas à l'acquisition du phénotype humain. Celui-ci n'est donc pas totalement déterminé par le programme génétique. L'acquisition du phénotype humain nécessite également des interactions sociales.

L'histoire évolutive de l'homme



Le détail de la branche "mammifères"

L'histoire évolutive de l'homme s'inscrit dans celle plus globale des primates qui commence il y a 55 Ma et plus particulièrement celle des hominoïdes, lignée qui apparaît en Afrique il y a 20 Ma.

La dynamique évolutive de la lignée des hominoïdes se traduit par une phase de diversification (nombreuses espèces), une dispersion hors d'Afrique (en Europe et en Asie) et une

phase de déclin. Il ne subsiste aujourd'hui que quelques espèces d'hominoïdes.

C'est probablement dans la lignée hominoïde africaine que se situe l'ancêtre commun aux grands singes et à l'homme mais les lacunes des archives paléontologiques ne permettent pas de reconstituer cette histoire avec précision.

Des données anatomiques et moléculaires permettent d'affirmer que le plus proche parent de l'homme au sein des hominoïdes est le chimpanzé. Ils partagent un ancêtre commun exclusif que les spécialistes situent à 6 ou 8 Ma. En s'appuyant sur les caractères partagés par l'homme et le chimpanzé, il est possible de dresser un portrait-robot de cet ancêtre commun hypothétique.

À partir de cet ancêtre commun, se sont différenciées deux lignées. L'une a conduit à l'homme, la lignée humaine et l'autre a conduit au chimpanzé. Le chimpanzé est donc aussi évolué que l'homme.

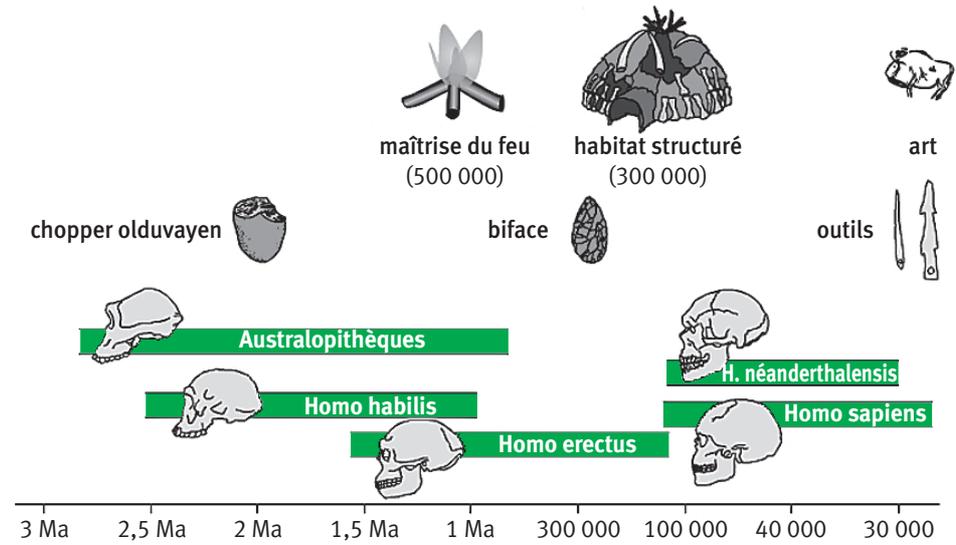
Une étude comparative de l'anatomie de l'homme et du chimpanzé permet de dégager les caractères dérivés c'est-à-dire spécifiques à la lignée humaine.

Celle-ci est caractérisée par la présence de nombreuses espèces d'homininés fossiles (C'est une vingtaine d'espèces disparues que les paléanthropologues ont mis en jour) réparties dans plusieurs genres dont Australopitèque et le genre Homo qui apparaît il y a 2 Ma environ.

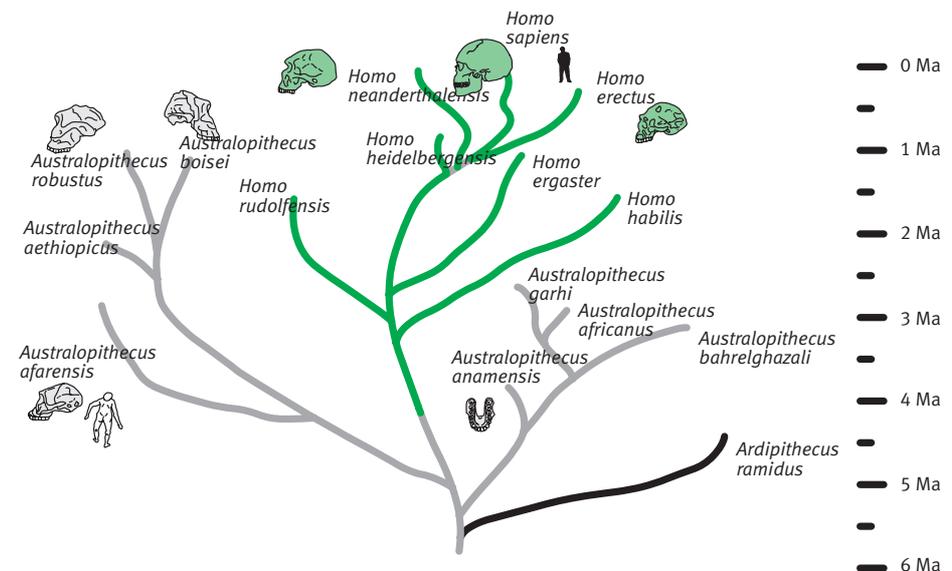
Avec le genre Homo apparaît une bipédie exclusive, une aptitude à la course et les premières migrations hors d’Afrique.

Plusieurs espèces ont cohabité spatialement mais également temporellement attestant de la “buissonnance” de la lignée humaine et aujourd’hui il n’est pas possible de reconstituer les relations de parenté. Plusieurs arbres phylogénétiques peuvent être élaborés en fonction des critères retenus.

► Un regard sur la lignée humaine



► La buissonnance de la lignée humaine



Le phénotype humain, comme celui des grands singes proches, s'acquiert sous l'effet de l'interaction entre l'expression de l'information génétique et l'environnement.

D'un point de vue génétique, l'Homme et le Chimpanzé sont proches à 99 %. Malgré cette proximité génétique, il existe de nombreuses différences entre l'homme et le chimpanzé.

Différences qui s'expriment au niveau anatomique mais également cognitif et culturel. Comment expliquer ce paradoxe ?

Des recherches ont mis en relief l'importance des gènes de développement. Ces gènes contrôlent l'expression d'autres gènes. Des mutations sur ces gènes peuvent perturber la durée des différentes phases du développement ; le développement de certains caractères peut être ralenti ou accéléré. Ces processus sont qualifiés d'hétérochroniques.

Ce phénomène pourrait expliquer l'apparition des caractères dérivés de la lignée humaine.

Le phénotype n'est pas complètement déterminé par le programme génétique. Sa mise en place dépend également de facteurs d'ordre environnementaux en particulier sur le plan social. Certains comportements s'acquièrent par imitation et apprentissage et font l'objet d'une transmission culturelle.

Exercices

Exercice 1 Choisir la ou les affirmations exactes

- ▶ Le genre Homo
 - n'a pas toujours comporté qu'une seule espèce
 - est apparu il y a 8 Ma
 - est caractérisé par une mandibule en U
 - se caractérise par une bipédie exclusive
- ▶ Les australopithèques
 - ont vécu entre 6 et 4 Ma
 - se caractérisent par une bipédie exclusive
 - ont vécu hors d'Afrique
 - ont pu rencontrer des hominins appartenant au genre Homo
- ▶ Les primates
 - se caractérisent par une absence de queue
 - possèdent un pouce opposable aux autres doigts
 - possèdent une vision binoculaire
 - ont un nez à la place d'une truffe
- ▶ Les hominoïdes
 - sont apparus y a 55 Ma
 - sont apparus en Afrique
 - sont plus diversifiés aujourd'hui qu'il y a 10 Ma
 - se caractérisent par une absence de queue

Exercice 2 Établir une phylogénie à partir de données moléculaires

Il y a environ 40 000 ans, l'homme moderne est arrivé en Europe, occupée jusque-là par le seul homme de Neandertal. Pendant une dizaine de milliers d'années, les deux espèces auraient coexisté, jusqu'à ce que Neandertal disparaisse. Mais une séquence génétique n'appartenant ni à l'une ni à l'autre des deux espèces et datée d'environ 40 000 ans suggère qu'il y aurait peut-être eu une troisième espèce d'homininés en Eurasie à la même époque.

Tout commence en 2008 quand des archéologues russes découvrent dans la grotte de Denisova au sud de la Sibérie la phalange d'un petit

doigt fossile d'apparence humaine. Une équipe de l'institut Max Planck de Leipzig en séquence alors entièrement l'ADN mitochondrial. Il s'agit de l'ADN présent dans les mitochondries, des petites structures de la cellule qui produisent de l'énergie.

Ils le comparent ensuite à ceux d'un échantillon représentatif d'une cinquantaine d'hommes actuels. En moyenne, l'ADN de Denisova possède 380 différences avec eux. À titre de comparaison, le chimpanzé compte 1 460 différences avec les hommes actuels, mais l'homme de Neandertal beaucoup moins : seulement 200.

- Questions**
- 1 **Représenter** l'arbre phylogénétique en accord avec les données moléculaires ci-dessus en expliquant votre démarche.
 - 2 **Discuter** la conclusion établie à la question précédente.

Exercice 3 Exploiter des données anatomiques

C'est en 1974 que fut découvert le fossile connu sous le nom de Lucy, célèbre représentant des australopithèques afarensis, les australopithèques de l'Afar.

L'Afar est une vaste région désertique située entre l'Éthiopie et Djibouti mais à l'époque où y vivaient les australopithèques, le climat y était plus clément et l'environnement devait se composer de zones humides arborées.

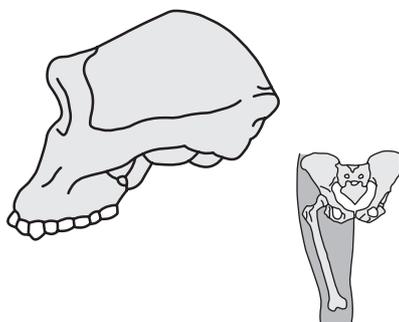
La découverte de Lucy eut un retentissement important, en partie lié à la qualité du fossile retrouvé : une cinquantaine d'os soit presque la moitié d'un squelette complet !

Document 1 *Caractéristiques des australopithèques afarensis*

Australopithecus afarensis

Durée de vie de l'espèce :
- 4,1 à - 2,8 millions d'années.

Répartition de l'espèce : Éthiopie, Tanzanie.



Aspect général :

Taille : 1,06 m
Poids : 40 kg

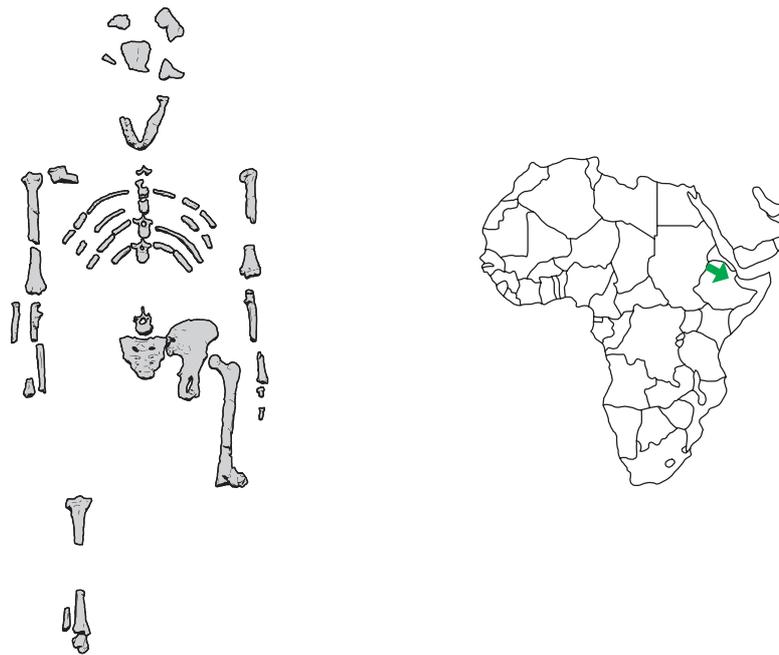
Profil :

Front fuyant
Face très aplatie
Légèrement prognathe

Caractéristiques du crâne :

Crête sagittale faible
Bourrelet sous-orbitaire
Prémolaires et molaires massives
Canines courtes
Email épais
Capacité crânienne = 450 cm³
Trou occipital en position avancé
Mandibule en forme de V
Face développée

Document 2 "Lucy"

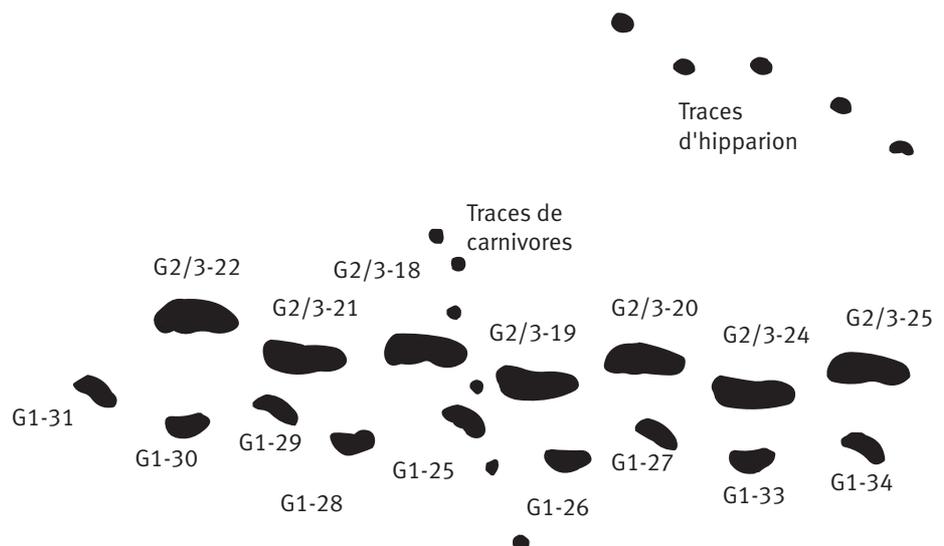


Document 3 Les empreintes de Laetoli

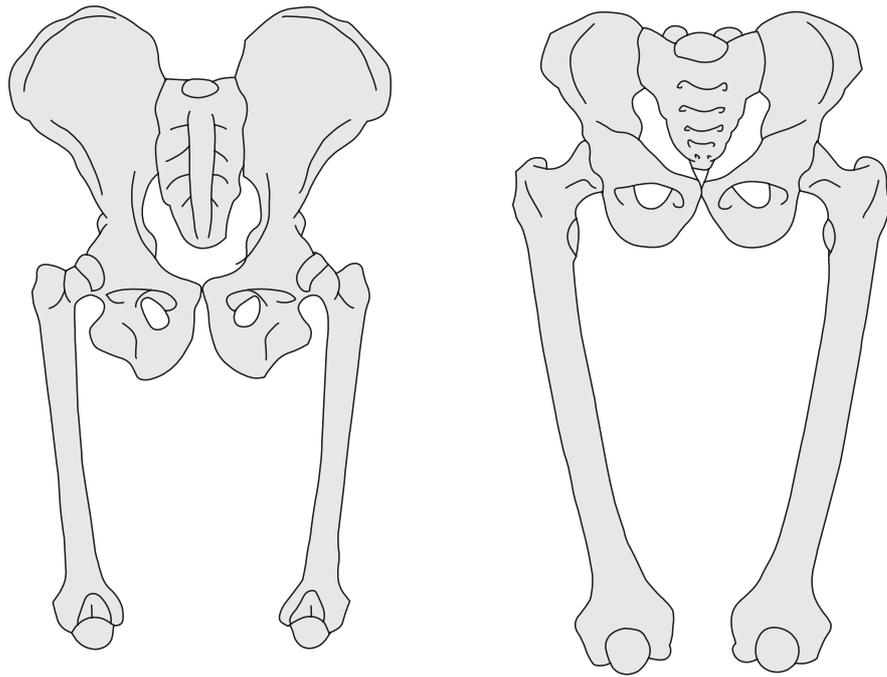
En 1978, Marie Leakey découvre sur le site de Laetoli en Tanzanie des empreintes de pas dans des tufs volcaniques datés de -3,6 Ma.

Piste G1 : traces de pas laissés par un premier individu

Piste G2 : traces de pas laissés par second individu



Document 4 Bassin de chimpanzé (à gauche) et bassin humain (à droite)



- Questions**
- 1 **Justifier** la classification de ce fossile dans la lignée humaine.
 - 2 Certains chercheurs ont attribué ces traces de pas à des Australopitèques afarensis. **Discuter** cette hypothèse.

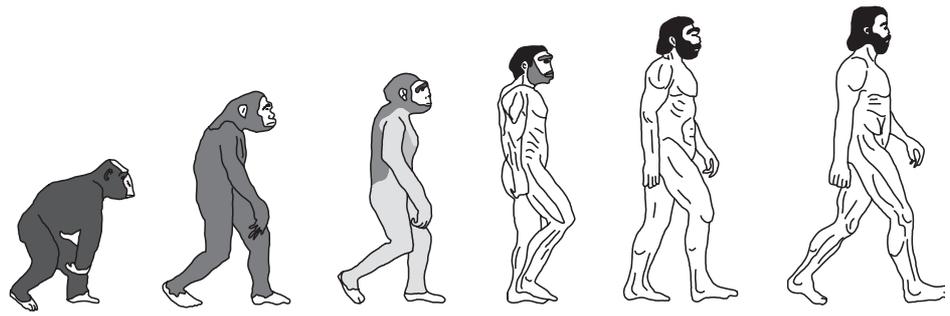
Exercice 4 Montrer que l'évolution s'est effectuée en mosaïque

Espèces	Apparition présumée il y a ...	Face	Cerveau (cm ³)	Bipédie
A. anamensis	- 4,2 Ma	Robuste*	non déterminé mais faible	Evoluée
A. afarensis	- 4 Ma	Robuste	380 à 430	Archaïque
H. habilis	- 2,6 Ma	Réduite	700	Archaïque
H. rudolfensis	- 2,4 Ma	Robuste	650 à 750	Evoluée
H. erectus	- 1,8 Ma	Réduite	800 à 1200	Très évoluée
H. neanderthalensis	- 0,12 Ma	Réduite	1600	Très évoluée
H. sapiens actuel	- 0,10 Ma	Réduite	1400	Très évoluée

*robuste indique une face avec des « reliefs » très marqués.

Question **Utiliser** les données ci-dessus afin de montrer que l'évolution au sein de la lignée humaine peut être qualifiée d'évolution en mosaïque.

Exercice 5 Exercer son esprit critique



Question À l'aide de vos connaissances, **montrer** en quoi cette représentation est fausse.

Glossaire

Ancêtre commun

Organisme à partir duquel deux lignées évolutives se sont différenciées.

Arbre phylogénétique ou arbre de parenté

Mode de représentation des liens de parenté entre plusieurs espèces. Chaque espèce actuelle ou fossile est placée au bout d'une branche. Le point d'où partent plusieurs branches, ou nœud, correspond à un ancêtre commun partagé par les espèces situées au bout des branches rattachées à ce nœud. Cet ancêtre commun est caractérisé par les innovations évolutives (caractères nouveaux apparus au cours de l'évolution des espèces) qu'il partage avec les espèces situées au bout des branches raccordées à ce nœud. Un arbre phylogénétique exprime « qui est proche de qui » et non « qui descend de qui ». Il est établi à partir de l'étude de caractères morphologiques, anatomiques, embryologiques et/ou moléculaires.

Australopithèques

Genre comprenant plusieurs espèces d'homininés ayant vécu uniquement en Afrique entre -4 et -1 Ma, caractérisées par une petite taille, un volume cérébral situé aux environs de 400 cm³ et une bipédie plus ou moins aboutie dont témoigne leur anatomie.

Caractère dérivé

Les caractères existent sous deux états : primitif ou ancestral et dérivé. Le caractère dérivé correspond à une transformation du caractère ancestral au cours du temps. Ils sont hérités de l'ancêtre commun le plus récent : la présence de tels caractères chez plusieurs espèces prouve donc bien une parenté étroite entre elles. Seuls les états dérivés des caractères permettent d'établir une phylogénie.

Caractère homologues

Deux caractères anatomiques sont homologues s'ils présentent une similitude au niveau de l'organisation, une même place dans l'organisme et une origine embryologique commune. Deux molécules sont homologues si elles présentent des similitudes au niveau de leur séquence d'acides aminés ou de nucléotides.

Le partage de caractères homologues par des taxons différents signifie, dans le cadre de la théorie évolutive, qu'ils ont reçu ces caractères d'un ancêtre commun.

Seule la comparaison de caractères homologues permet d'établir des relations de parenté.

Classification du vivant

Traduction des relations de parentés entre différents organismes du monde vivant : les espèces classées dans un même groupe sont plus proches parentes entre elles qu'avec les espèces qui sont extérieures à ce groupe. On peut représenter une classification sous la forme d'arbres de parentés ou d'ensembles emboîtés.

Homininé Ce taxon regroupe toutes les espèces actuelles mais également fossiles qui possèdent un ancêtre commun avec l'homme mais pas avec le chimpanzé.

Hominoïdes Groupe appartenant au groupe des primates qui est apparu en Afrique il y a 20 Ma environ et dépourvu d'appendice caudal. Après une phase de diversification et de dispersion ce groupe jadis florissant a connu une phase de déclin. Ne subsiste plus que quelques espèces dont Homo sapiens.

Homo Le genre Homo regroupe l'homme actuel et des espèces fossiles qui se caractérisent par une face réduite (plane), un dimorphisme sexuel peu marqué sur le squelette, un style de bipédie avec trou occipital avancé et aptitude à la course à pied, une mandibule parabolique. La production d'outils complexe (industrie lithique) et une variété des pratiques culturelles sont associées au genre Homo mais de façon non exclusive. Est apparu il y a environ 2 Ma.

Primates Mammifères caractérisés entre autre par des membres à cinq doigts terminés par des ongles plats, des mains préhensibles avec des pouces opposables, des yeux frontaux permettant une vision binoculaire associée à un développement important des aires visuelles cérébrales.

Taxon Unité de classement qui peut situer à différents niveaux hiérarchiques de la classification. Un taxon regroupe donc des organismes présentant une unité fondé sur des critères anatomiques, moléculaires... Le genre, l'espèce sont des taxons

Horloge moléculaire C'est une méthode qui permet de dater la divergence de deux lignées par comparaison de gènes homologues. En estimant le nombre de différences, on peut situer le DAC. Cette méthode suppose que les fréquences de mutation sont constantes.

v

ANNEXE: Utilisation de phylogène

La barre d'outils																
Fichier Observer Comparer Construire Polariser Classer Établir des parentés Rechercher Aide Configuration																
Vertébrés-Lycée OK																
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
1 – Choisir une collection.	2 – Observer.	3 – Comparer.	4 – Construire une matrice de caractères.	5 – Afficher le tableau de référence de la collection choisi.	6 – Polariser et coder les états de caractères de la matrice.	7 – Classer dans des groupes emboîtés.	8 – Établir des parentés.	9 – Ouvrir un fichier de séquences.	10 – Ouvrir un fichier de groupes emboîtés.	11 – Imprimer.	12 – Copier.	13 – Enregistrer.	14 – Ouvrir un fichier	15 – Choix possibles	16 – Choisir une sous collection	
<p>Cliquer sur le menu « établir des parentés ».</p> <p>Les colonnes et les lignes peuvent être déplacées pour regrouper les caractères de mêmes états : cliquer sur « Organiser le tableau » puis sur le nom de l'espèce ou sur le caractère et déplacer.</p> <p>« Choisir les taxons » puis cliquer sur le nom de l'espèce.</p> <p>En cliquant sur un caractère dans la matrice, un code couleur apparaît.</p> <p>L' hypothèse de départ est que toutes les espèces choisies ont une origine commune (un même ancêtre commun). Toutes les branches sont réunies au même nœud.</p> <p>Cliquer sur la branche à déplacer avec le bouton gauche de la souris.</p> <p>Sans lâcher ce bouton, déplacer la souris de façon à venir faire le branchement là où on le souhaite. Si le branchement est possible, une croix apparaît.</p>																
<p>Construire un arbre phylogénétique</p>																
<p>Construire une matrice de caractères</p> <p>Sélectionner une collection : fichier/Sélectionner collection OK.</p> <p>Cliquer sur « construire ».</p> <p>Sélectionner les espèces en cliquant sur chacune d'elles. Un nouveau clic sur la figure enlève l'espèce de la sélection.</p> <p>Choisir les caractères dans le menu déroulant.</p> <p>Remplir le tableau en cliquant dans chacune des cases et en utilisant les informations qui apparaissent en bas, à droite de l'écran.</p> <p>Vérifier le tableau et corriger si nécessaire.</p> <p>Polariser et coder les états des caractères</p> <p>Après avoir construit et validé une matrice de caractères, cliquer sur l'icône « Polariser ».</p> <p>Choisir un taxon extragroupe pour afficher les états primitifs (menu déroulant). <i>Les fossiles apparaissent en rouge et l'extragroupe choisi en bleu.</i></p> <p>Colorer les états primitifs comme ceux de l'extragroupe, puis changer de couleur pour colorer les états dérivés.</p> <p>Cliquer sur « vérifier » à la fin.</p>																
<p>Les outils pour construire un arbre</p> <p>Annuler la dernière opération</p> <p>Déplacer les branches</p> <p>Relier toutes les branches au même nœud</p> <p>Permuter des branches autour d'un nœud.</p> <p>Cliquer sur cette icône puis se placer sur un nœud et cliquer .</p> <p>Choix Dater Accéder au menu permettant de choisir le mode de représentation de l'arbre (avec ou sans boîtes), de donner un nom aux boîtes et de choisir le mode de travail (exploration ou édition)</p> <p>«copier l'état actuel» permet de comparer des arbres</p>																
<p>Vérification de l'arbre</p> <p>En mode <u>exploration</u>. («choix»)</p> <p>Lorsque l'on clique sur un nœud représentant un ancêtre, la liste de ses états de caractères apparaît (telle qu'elle peut être déduite de l'arbre dessiné). Si le groupe des descendants partage un état dérivé commun exclusif, les branches sont mises en vert. En jaune : états dérivés communs non exclusifs.</p> <p>Sinon, une mise en garde est affichée et l'arbre est à modifier.</p> <p><small>Attention : le nœud n'est pas justifié par un état dérivé commun exclusif</small></p> <p><i>Les dates sont celles du premier fossile ayant cet état.</i></p>																