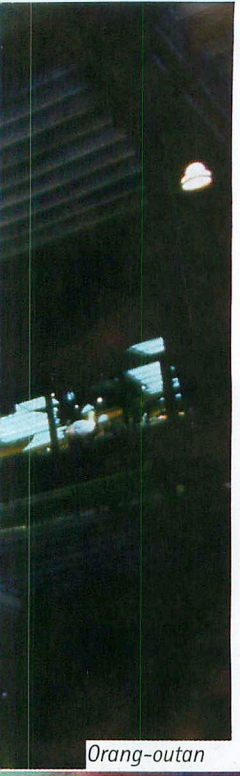
Parenté entre les

Grande galerie de l'évolution (Muséum National d'Histoire Naturelle)

La très grande diversité des êtres qui peuplent aujourd'hui la planète Terre – plusieurs millions d'espèces – ne doit pas occulter la profonde unité du monde vivant : tous les êtres vivants ont une origine commune. La recherche d'une parenté plus ou moins étroite entre espèces permet de reconstituer leur histoire évolutive. Comme les autres espèces, l'homme s'inscrit dans ce processus d'évolution.



Orang-outan

Homo sapiens, un grand voyageur

êtres vivants et évolution

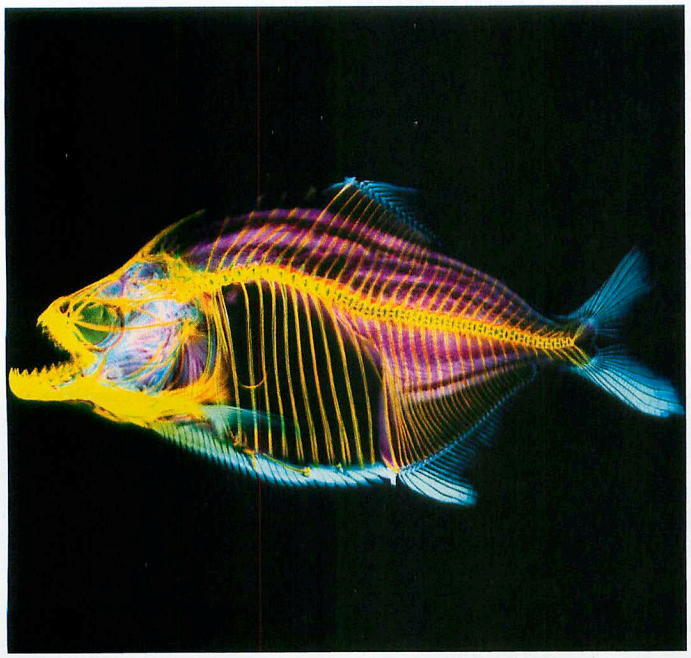
PARTIE 1

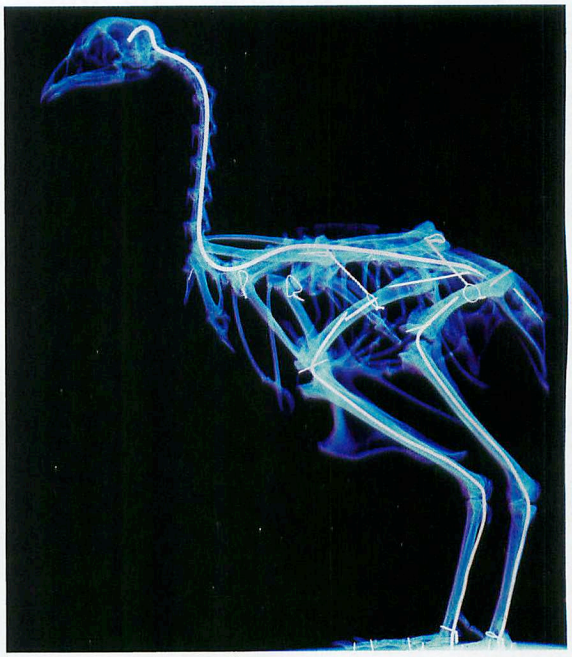
Chapitre 1 Des parentés établies au sein des vertébrés

Chapitre 2 La place de l'espèce humaine dans le règne animal

Chapitre 3 Le caractère buissonnant de la lignée humaine

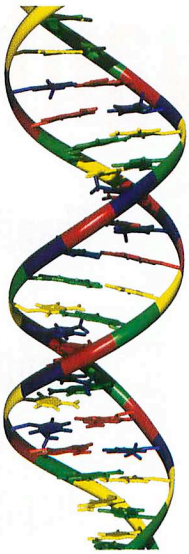
Des similitudes aux différentes échelles du vivant

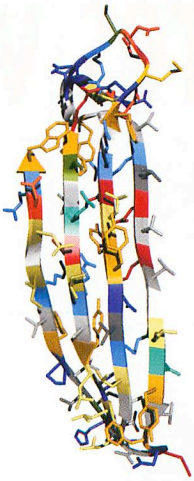




Doc. 1 Quoi de commun entre... un piranha et une autruche ? Qu'est-ce qu'un « plan d'organisation » ?

Doc. 2 Épiderme d'écaille d'oignon (**a**) et mue de grenouille (**b**) : comparez.

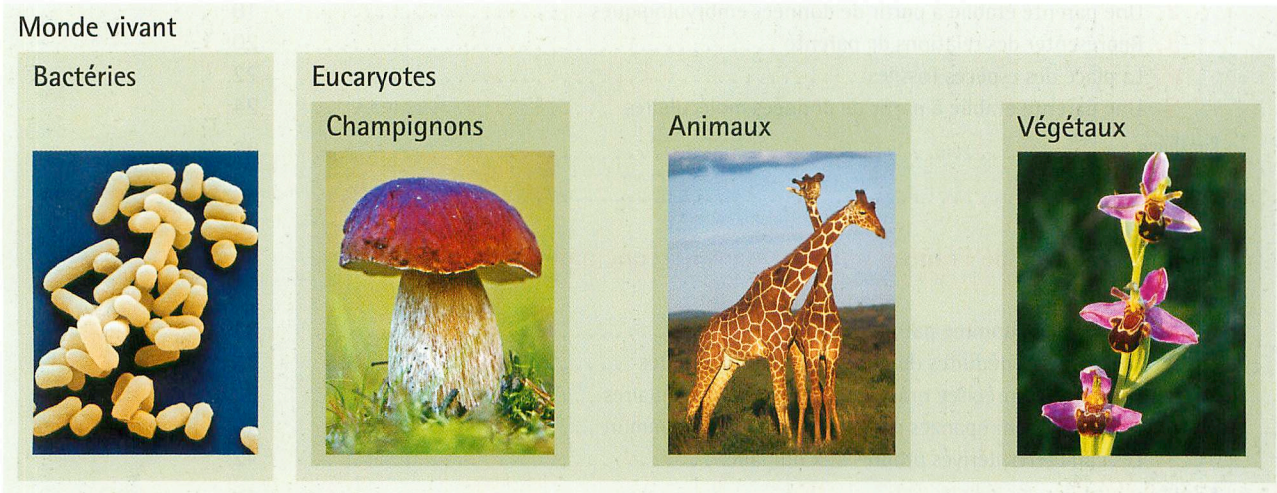




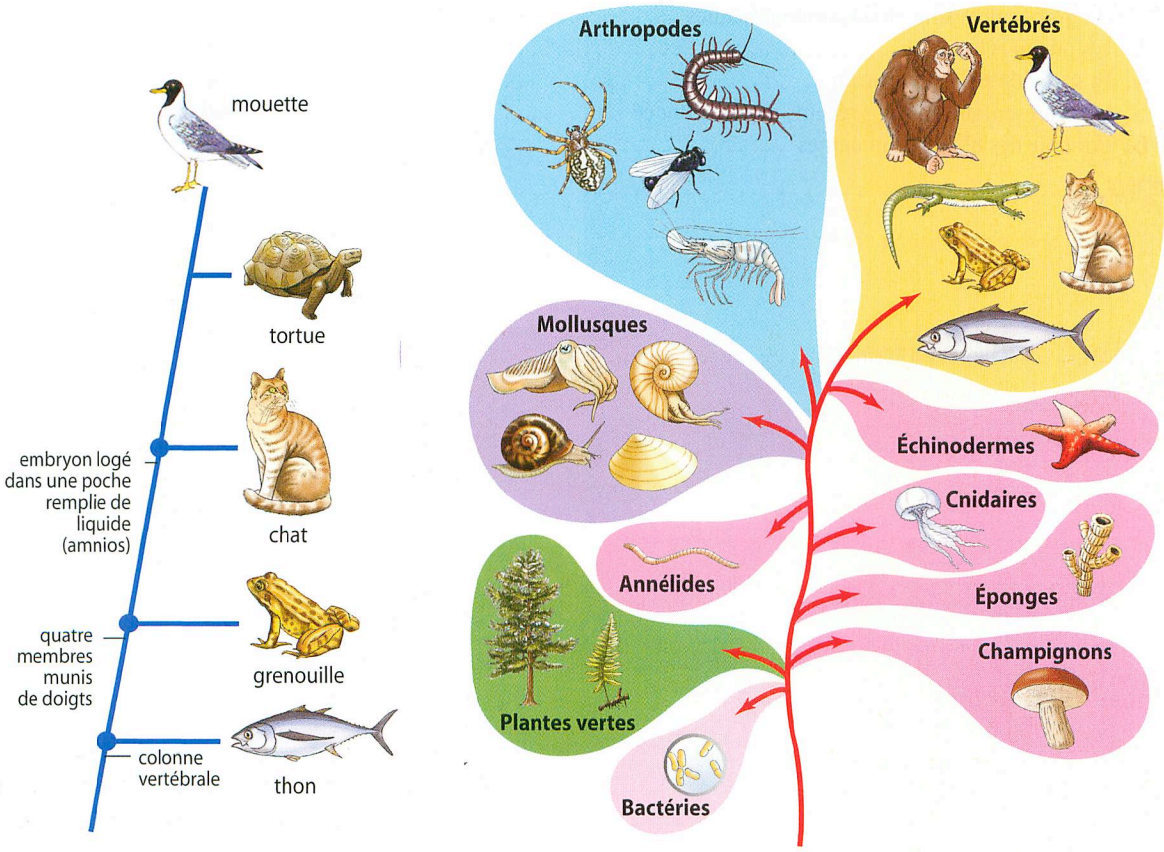
	0 3 6 9
ADN brin 1	ATGGTGCACCTGACTCCTGAGGAGAAGTCTGCCG
ADN brin 2	TACCACGTGGACTGAGGACTCCTCTTCAGACGGC
Protéine	MetValHisLeuThrProGluGluLysSerAlaV

Doc. 3 ADN et protéines : des molécules essentielles chez tous les êtres vivants. Rappelez leur rôle et leur relation.

La représentation des relations de parenté



Doc. 4 Les biologistes classent les espèces actuelles et disparues dans des catégories qui peuvent s'emboîter les unes dans les autres. Quel critère ont-ils utilisé pour constituer le groupe des eucaryotes ?



Doc. 5 Une représentation du monde vivant : que montre un tel arbre ?

PARTIE 1

Parenté entre les êtres vivants et évolution

CHAPITRE 1 Des parentés établies au sein des vertébrés

Activités pratiques

1. Une parenté établie à partir de données anatomiques 16
2. Une parenté établie à partir de données embryologiques 18
3. Représenter des relations de parenté 20
4. La place des espèces fossiles 22
5. Une parenté établie à partir de données moléculaires 24

Synthèse 26

Exercices 30

CHAPITRE 2 La place de l'espèce humaine dans le règne animal

Activités pratiques

1. La place de l'homme parmi les mammifères 34
2. Des parentés déduites de données chromosomiques 36
3. Une parenté précisée grâce à des données moléculaires 38
4. Hommes et chimpanzés partagent un ancêtre commun 40
5. Les caractères dérivés propres aux humains 42

Synthèse 44

Exercices 48

CHAPITRE 3 Le caractère buissonnant de la lignée humaine

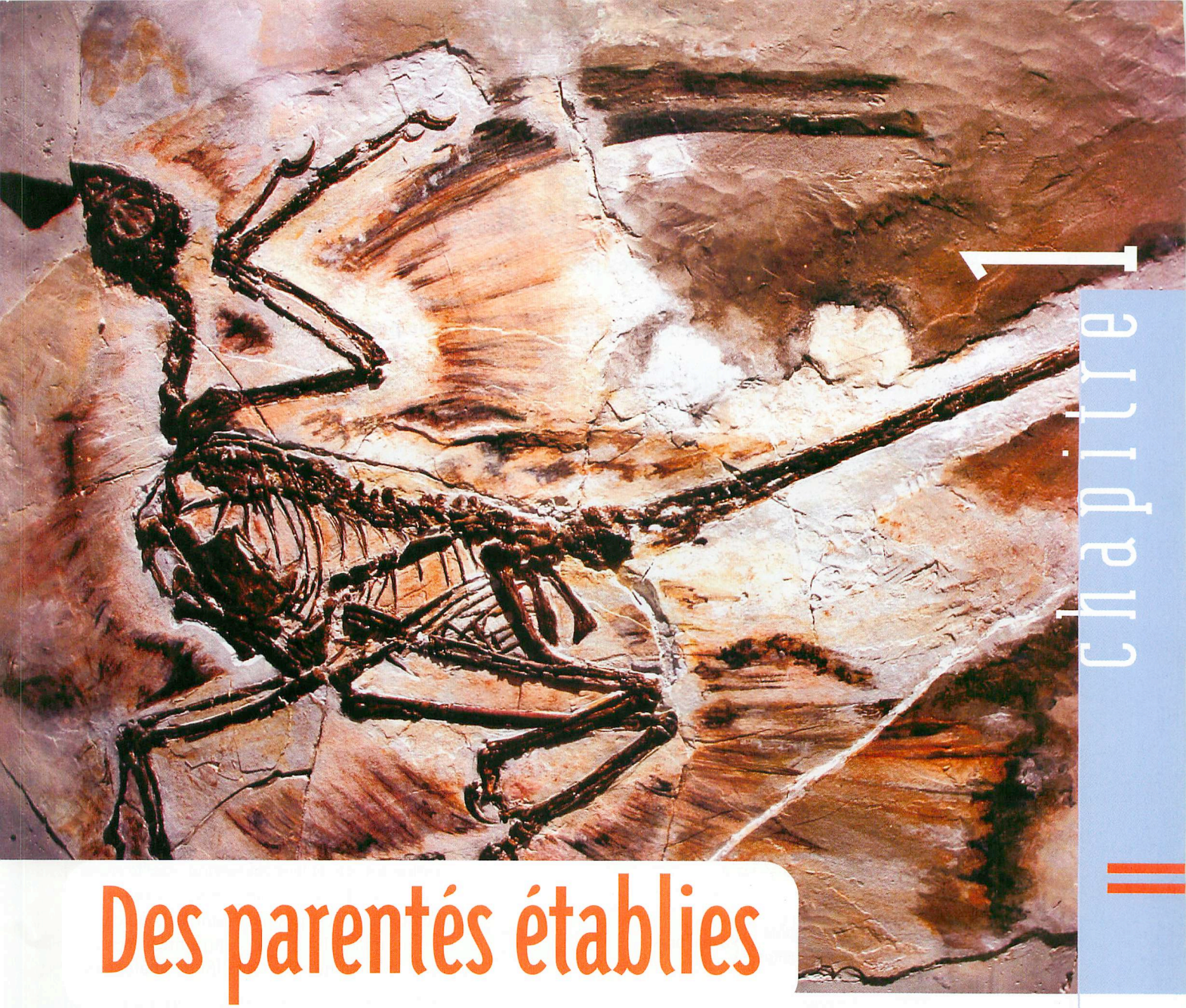
Activités pratiques

1. Les plus anciens fossiles attribués à notre lignée 52
2. Un groupe diversifié : les australopithèques 54
3. Les premiers hommes 56
4. La sortie du berceau africain 58
5. Les représentants les plus récents de notre lignée 60
6. L'origine des hommes modernes 62

Synthèse 64

Exercices 68

Évaluation des capacités expérimentales 70



Chapitre 1

Des parentés établies au sein des vertébrés

L'idée d'une origine commune à toutes les espèces vivantes repose sur la constatation de similitudes remarquables à toutes les échelles : plan d'organisation, structure cellulaire, molécules. Toutes les espèces actuelles et toutes les espèces fossiles sont donc apparentées mais elles le sont plus ou moins étroitement. Comment peut-on retracer plus précisément ces parentés ?

Fossile de Microraptor gui, *un dinosaure ailé et à plumes daté de 128 millions d'années.*

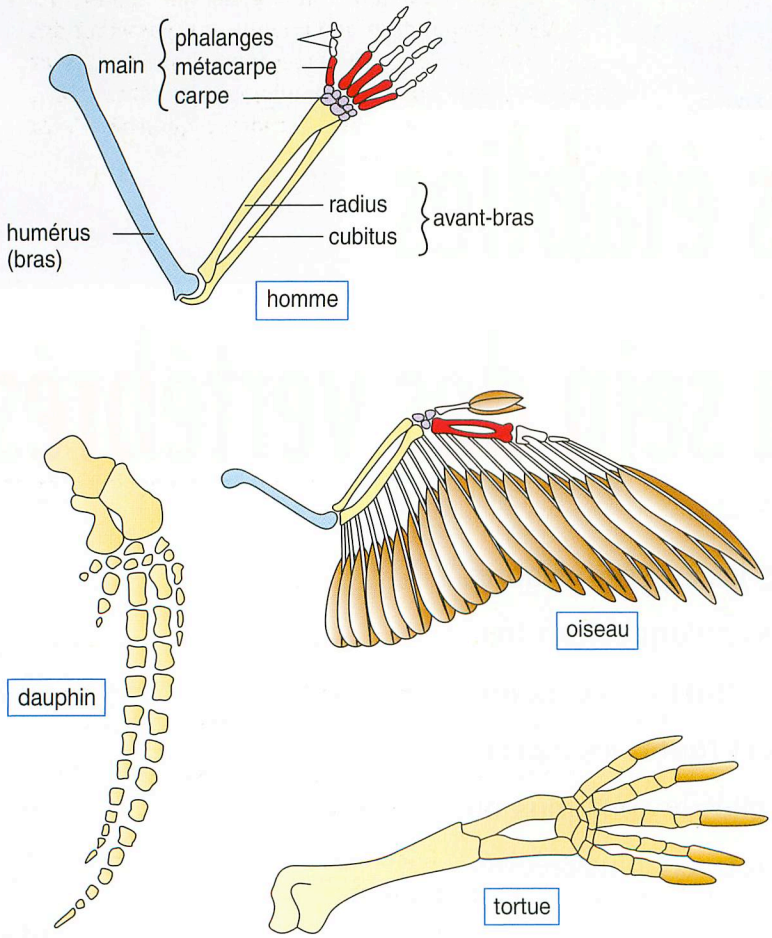
Activités pratiques 1

Une parenté établie à partir de données anatomiques

La recherche de liens de parenté entre espèces peut se faire grâce à une comparaison méthodique de leurs organes.

• Comment ces méthodes permettent-elles d'établir les relations de parenté entre les vertébrés ?

A De la ressemblance à la notion de caractères homologues



• L'aile de l'insecte et l'aile de l'oiseau se ressemblent extérieurement et remplissent la même fonction (le vol). Pourtant leur organisation interne et leur connexion avec le corps de l'animal sont très différentes. Cette ressemblance n'est pas due à une origine commune mais plutôt aux contraintes liées au vol ; ces organes sont qualifiés d'**analogues**.

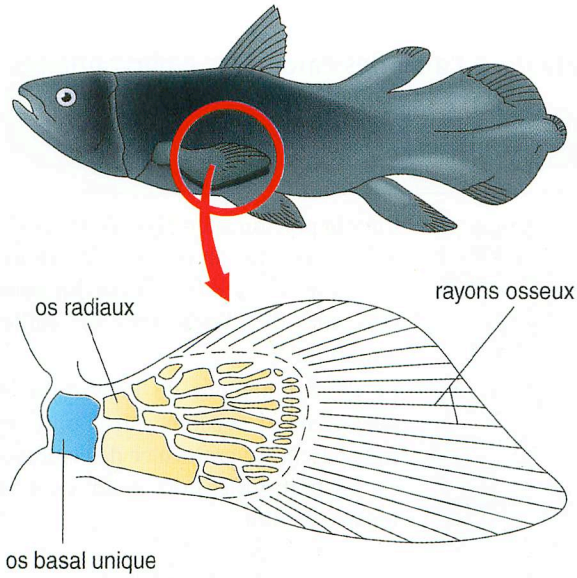
• Les membres des vertébrés présentés ci-contre remplissent des fonctions très différentes : nage, marche, vol, etc. Pourtant, ils sont connectés de la même façon avec le corps et présentent un même plan d'organisation. Ces membres chiridiens* sont alors qualifiés d'organes **homologues**.

• Le fait que cette structure soit commune à tout un ensemble de vertébrés est un argument permettant de penser que ces animaux sont apparentés. Cela signifie qu'ils ont hérité cette structure d'un ancêtre commun chez lequel elle est apparue.

Doc. 1 Les membres de certains vertébrés sont des organes homologues.

B Des caractères homologues aux groupes de parenté

Le cœlacanthe est un vertébré aquatique pourvu de nageoires paires très particulières, rappelant l'organisation du membre chiridien. Cependant, ces nageoires ne sont pas pourvues de doigts !



Au sein du groupe des vertébrés pourvus de membres pairs, les espèces qui possèdent l'état dérivé* « membre chiridien » constituent un sous-groupe de parenté : ils l'ont hérité d'un ancêtre commun qui a été le premier à posséder cette innovation. On les appelle les **tétrapodes**.

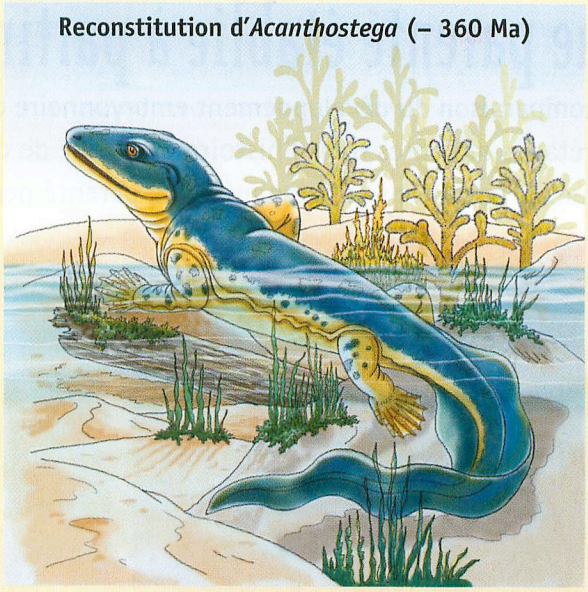
Vertébrés possédant des membres pairs

cœlacanthe, sardine, carpe, requin, raie, etc.

Tétrapodes

homme, pingouin, grenouille, tortue, dauphin, etc.

Reconstitution d'*Acanthostega* (– 360 Ma)



Les plus vieux fossiles de vertébrés ayant des membres pairs (– 420 millions d'années) ont des nageoires alors que le plus ancien fossile à avoir des membres chiridiens est plus récent (– 360 millions d'années).

Les spécialistes considèrent donc que le membre chiridien résulte d'une innovation génétique apparue au sein d'une population de vertébrés qui possédait des nageoires. La nageoire correspond donc à un **état ancestral*** du caractère homologue « membre pair », par rapport au membre chiridien, qualifié d'**état dérivé*** de ce caractère.

Doc. 2 Le partage de l'état dérivé d'un caractère définit l'appartenance à un groupe de parenté.

Lexique

- **Membre chiridien :** membre se terminant par des doigts et constitué de trois segments dont le premier contient un os unique.
- **État ancestral d'un caractère :** état primitif d'un caractère, tel qu'il existait avant qu'il subisse une transformation.
- **État dérivé d'un caractère :** résulte de la transformation de l'état ancestral. Le partage d'un même état dérivé permet de constituer un groupe de parenté.

Pistes d'exploitation

1. **Doc. 1 :** Quels arguments permettent de dire que les membres des vertébrés présentés sont bien des caractères homologues ?
2. **Doc. 2 :** Comment peut-on affirmer que le membre chiridien est un état dérivé du caractère « membre pair » ?
3. **Doc. 2 :** *Acanthostega* fait-il partie du groupe de parenté des tétrapodes ? Justifiez votre réponse.

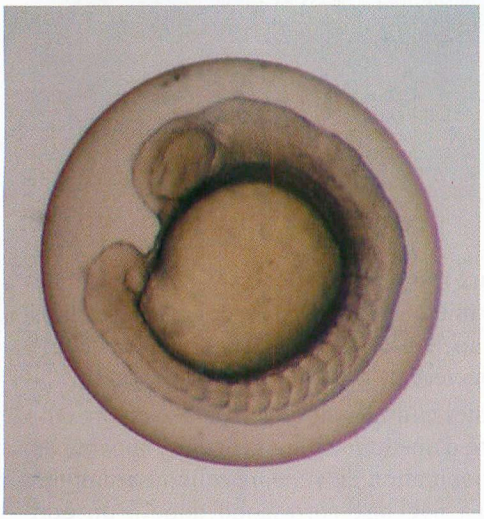
Activités pratiques 2

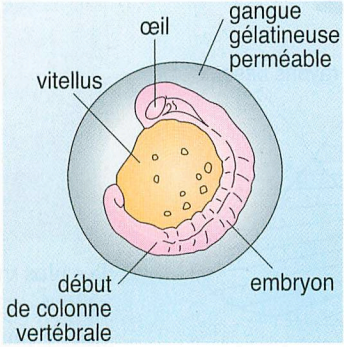
Une parenté établie à partir de données embryologiques

La comparaison du développement embryonnaire des vertébrés permet de confirmer leur parenté et révèle des étapes majeures dans l'histoire évolutive de ce groupe.

• Quelles précisions concernant cette parenté peut-on établir à l'aide des caractères embryonnaires ?

A S'affranchir du milieu aquatique





Chez le poisson zèbre, l'ovule est pondu puis fécondé dans l'eau. Il donne naissance à un jeune alevin qui poursuit son développement en milieu aquatique.

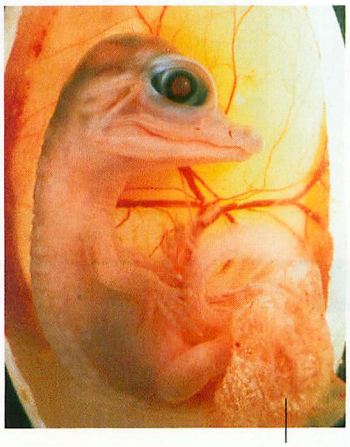
Le développement de l'embryon est parfaitement visible car l'œuf est transparent. La croissance de l'embryon est assurée grâce aux réserves de la masse vitelline.

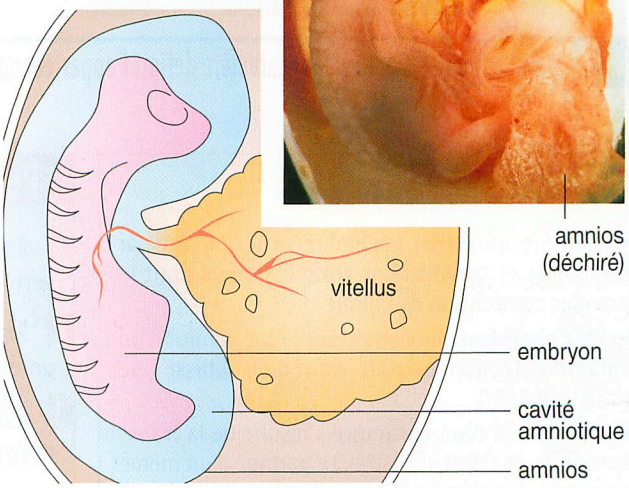
Doc. 1 Embryon de « poisson zèbre » *(Danio rerio)* après 24 heures de développement.

Même s'ils peuvent vivre en milieu aérien, grenouilles et crapauds doivent obligatoirement pondre leurs œufs dans l'eau, milieu où s'effectue le développement embryonnaire.

Doc. 2 Embryon de grenouille.

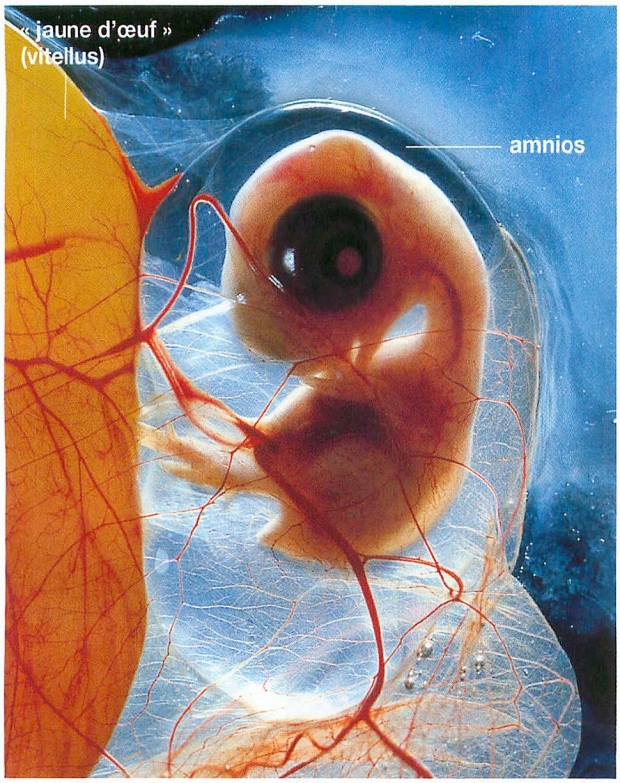
Les crocodiles pondent leurs œufs dans le sable. L'embryon se développe au sein d'une poche remplie de liquide, limitée par une membrane, l'amnios.





Doc. 3 Embryon de crocodile.

B Deux façons de se nourrir



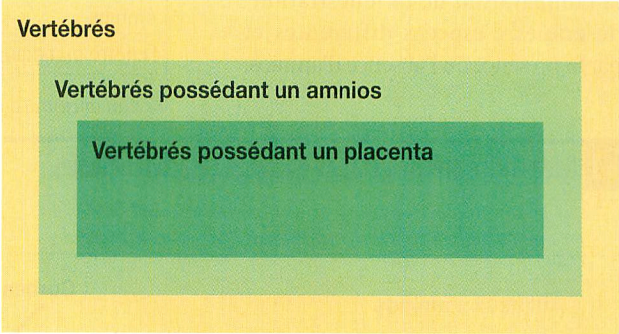
▲ Embryon de poulet de six jours.

▲ Embryon humain âgé de trois mois.

Doc. 4 Le placenta : une innovation majeure.

État ancestral		État dérivé
absence d'amnios	→	présence d'amnios
absence de placenta	→	présence de placenta

Présence ou absence d'amnios, présence ou absence de placenta : tous les embryons de vertébrés ne se développent pas dans les mêmes conditions. Amnios et placenta sont deux innovations importantes intervenues au cours de l'histoire évolutive des vertébrés. Le partage de tels caractères, hérités d'un ancêtre commun, permet de préciser les relations de parenté au sein des vertébrés.



Doc. 5 Le partage de caractères à l'état dérivé définit une parenté.

Lexique

- **Vitellus :** substances de réserves destinées à l'embryon (« jaune d'œuf » par exemple).
- **Amnios :** enveloppe délimitant une poche remplie de liquide dans laquelle se développe l'embryon.
- **Placenta :** organe permettant les échanges entre le sang de la mère et le sang de l'embryon.

Pistes d'exploitation

1. **Doc. 1 à 4 :** Comparez le milieu dans lequel se développent les embryons des vertébrés ainsi que leur mode de nutrition.
2. **Doc. 1 à 5 :** Groupez les cinq vertébrés présentés en fonction du partage des caractères dérivés étudiés ici. Cherchez d'autres exemples et classez-les.

Activités pratiques 3

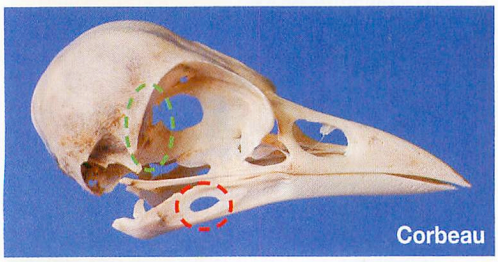
Représenter des relations de parenté

Les relations de parenté entre différentes espèces peuvent être représentées par un arbre phylogénétique* construit sur la base du partage de caractères homologues à l'état dérivé.

- Quelles informations apporte un tel arbre sur l'évolution des espèces concernées ?

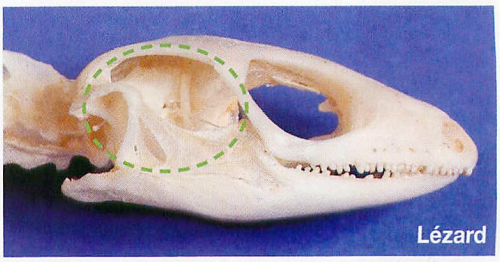
A Exemple de lecture d'un arbre phylogénétique

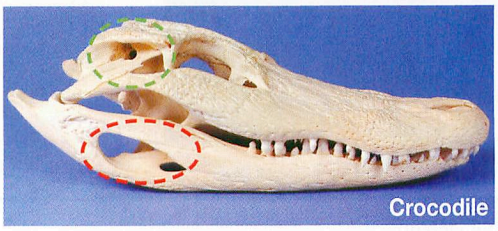
Guide pratique p. 410



fenêtre(s) temporale(s)

fenêtre mandibulaire





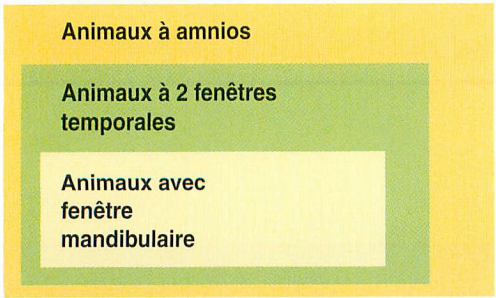
Pour établir un **arbre de parenté** entre différentes espèces, il faut tout d'abord choisir et comparer l'état de caractères homologues. Les résultats sont présentés sous la forme d'un tableau, encore appelée « matrice taxons/caractères ».

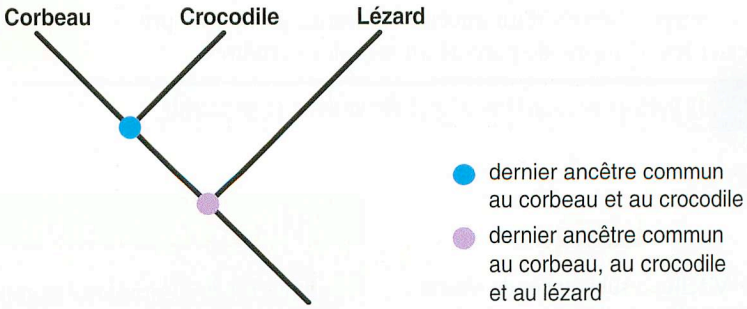
La *matrice ci-contre* est établie par la comparaison de la fenestration* de crânes d'espèces différentes et par la présence ou l'absence d'amnios.

	Grenouille	Corbeau	Crocodile	Lézard	Homme
Fenêtres temporales	0	2	2	2	1
Amnios	Absent	Présent	Présent	Présent	Présent
Fenêtre mandibulaire	Absente	Présente	Présente	Absente	Absente

état ancestral du caractère — *état dérivé du caractère*

Doc. 1 Une matrice précise l'état de quelques caractères étudiés.



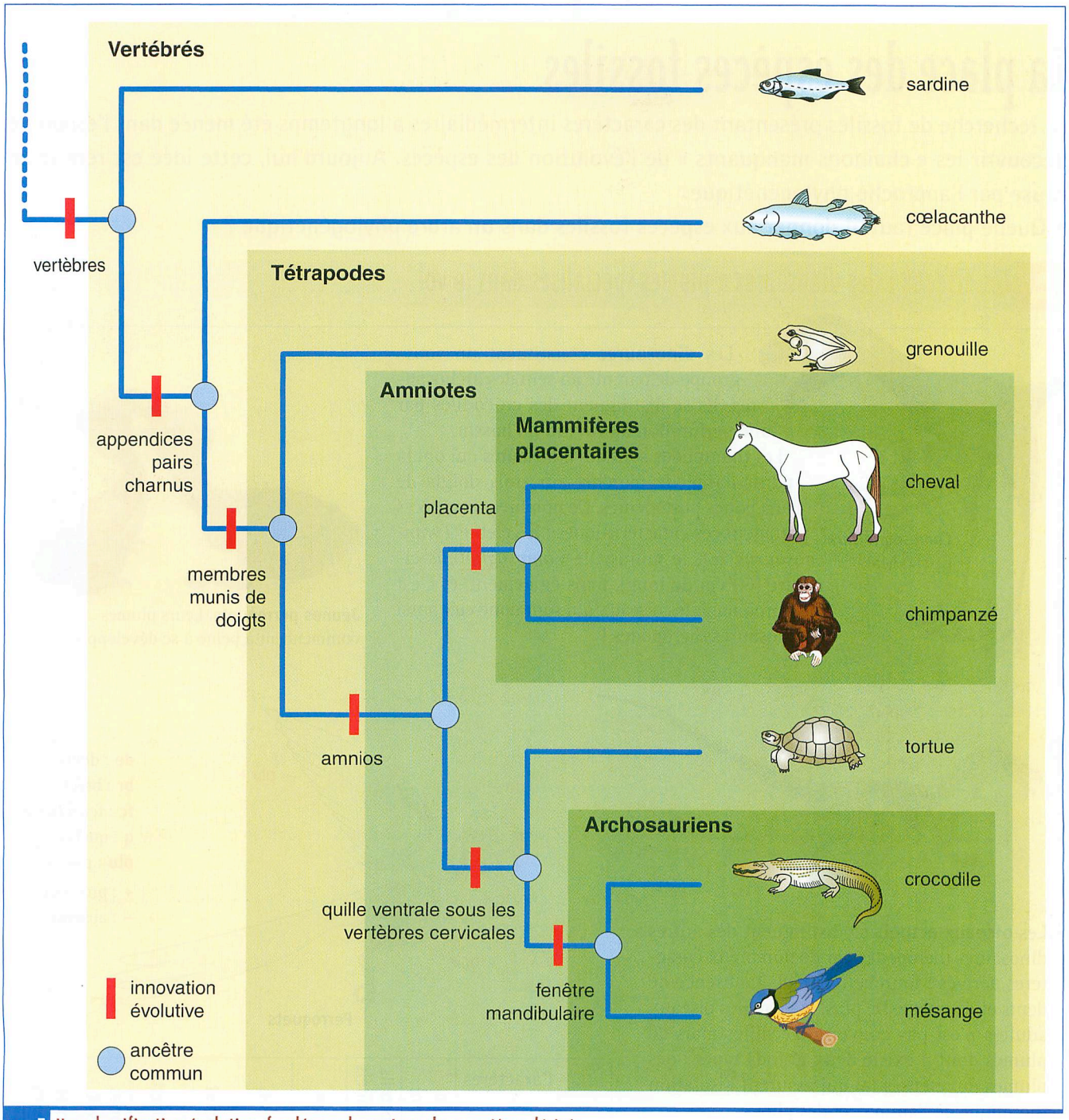


Si des espèces partagent un même caractère à l'état dérivé, on peut émettre l'hypothèse qu'elles ont hérité cette innovation d'un ancêtre commun qui est le premier chez lequel elle est apparue. L'« ancêtre commun » reste virtuel et hypothétique mais son existence est déduite du raisonnement.

Dans notre exemple, le corbeau et le crocodile possèdent une fenêtre mandibulaire. Ce caractère, absent chez le lézard, est hérité d'un ancêtre commun au crocodile et au corbeau, qui n'est pas un ancêtre du lézard. On en déduit que le corbeau et le crocodile sont plus apparentés entre eux qu'ils ne le sont avec le lézard.

Doc. 2 Groupes et arbre sont déduits du partage de caractères dérivés.

B L'arbre simplifié des vertébrés



Doc. 3 Une classification évolutive, fondée sur le partage de caractères dérivés.

Lexique

- **Phylogénétique :** relatif à la parenté évolutive entre différentes espèces.
- **Fenestration :** apparition d'une ouverture au cours du développement des os du crâne.

Pistes d'exploitation

1. **Doc. 1 et 2 :** Déterminez quels animaux appartiennent à chacun des groupes présentés. Justifiez l'arbre obtenu.
2. **Doc. 2 :** Recopiez l'arbre et situez l'apparition du caractère fenêtre mandibulaire, la position de l'homme, le groupe des diapsides (animaux à deux fenêtres temporales).
3. **Doc. 3 :** Retrouvez à quels groupes appartient l'homme dans cette classification. La grenouille est-elle plus proche de la mésange ou de la sardine ? Justifiez votre réponse.

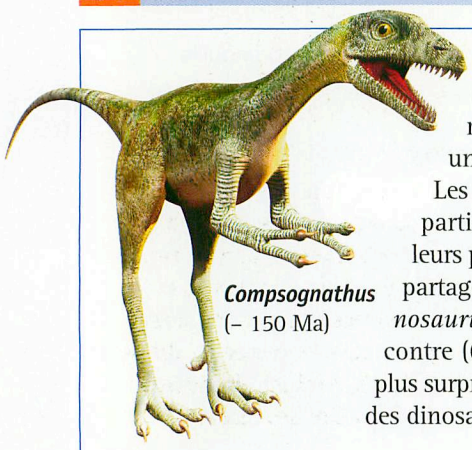
Activités pratiques 4

La place des espèces fossiles

La recherche de fossiles présentant des caractères intermédiaires a longtemps été menée dans l'espoir de découvrir les « chaînons manquants » de l'évolution des espèces. Aujourd'hui, cette idée est remise en cause par l'approche phylogénétique.

• Quelle place faut-il donner aux espèces fossiles dans un arbre phylogénétique ?

A Les oiseaux : des dinosaures à plumes spécialisés dans le vol

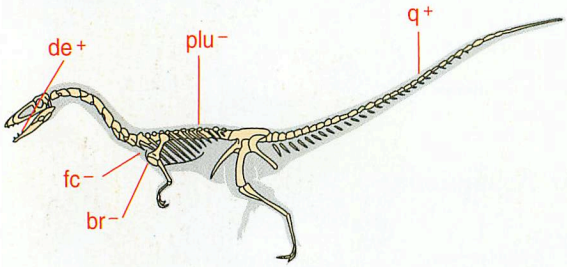


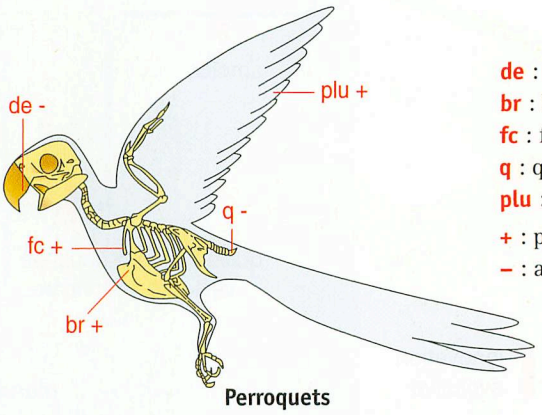
Compsognathus (– 150 Ma)

Les **dinosaures** constituent un sous-groupe de parenté au sein des archosaures. Ils se distinguent des crocodiles par une perforation au niveau du bassin.

Les **théropodes** sont des dinosaures qui ont la particularité de marcher sur trois doigts de leurs pattes postérieures. De nombreuses espèces partagent ces caractéristiques : le célèbre *Tyrannosaurus rex*, le minuscule *Compsognathus* ci-contre (60 cm de long), mais également, et c'est plus surprenant, les oiseaux qui sont donc eux aussi des dinosaures théropodes !

Jeunes perroquets. Leurs plumes commencent à peine à se développer.

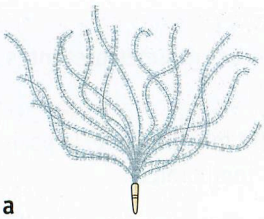




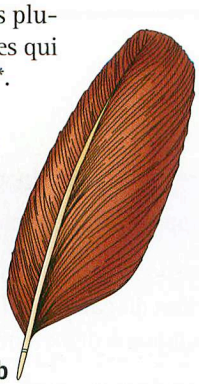
Perroquets

de : dents
br : bréchet
fc : fourchette
q : queue
plu : plumes
+ : présence
– : absence

Les **oiseaux actuels** se distinguent des autres dinosaures théropodes par de nombreux caractères dérivés : fourchette, bréchet, absence de dents et de queue. De plus, la peau des oiseaux adultes n'est pas couverte d'écailles mais de plumes dont il existe deux grands types : des plumes duveteuses (**a**) qui assurent l'isolation thermique de l'animal, et des plumes de contour (**b**), dont celles qui servent au vol : les **rémiges***.



a



b

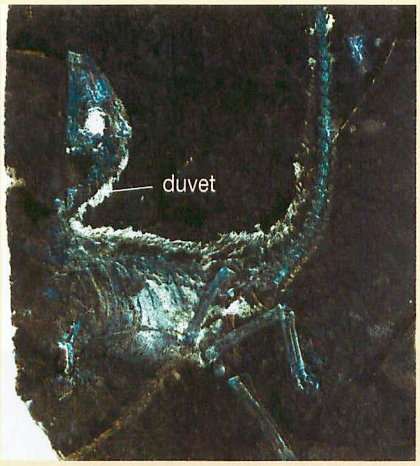
Espèces \ Caractères	Bassin perforé	Trois orteils fonctionnels	Dents	Queue	Bréchet	Fourchette	Plumes duvet	Plumes rémiges
Crocodile	–	–	+	+	–	–	–	–
Diplodocus	+	–	+	+	–	–	–	–
Compsognathus	+	+	+	+	–	–	–	–
Perroquet	+	+	–	–	+	+	+	+

+ présence
– absence

état ancestral du caractère
état dérivé du caractère

Doc. 1 Les oiseaux actuels comparés à leurs plus proches cousins.

B Certains fossiles présentent des caractères intermédiaires



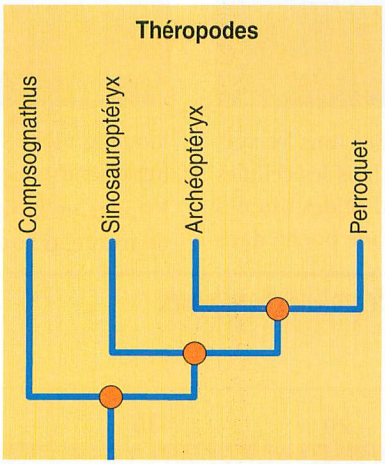
***Sinosauroptéryx* (130 Ma)**

Découverts à partir de 1996 en Chine, ces fossiles de 1,3 m de long présentent toutes les caractéristiques squelettiques de *Compsognathus*. Cependant, de l'arrière de la tête à la queue, le corps est couvert de courtes plumes (2 mm à 4 cm) de type duvet, bien visibles au niveau du cou. Ces petits **théropodes**, incapables de voler, sont parfois qualifiés de « dinosaures à plumes ». Leurs plumes jouaient peut-être un rôle d'isolant thermique.

***Archéoptéryx* (150 Ma)**

Découverts dès 1861 en Allemagne, ces fossiles de 65 cm de long présentent de nombreuses ressemblances avec *Compsognathus* (dents, longue queue, etc.) ; cependant, le squelette présente une fourchette, et les pattes antérieures, très développées, portent des plumes rémiges. Il est donc très probable que ces petits dinosaures volaient ! Pour ces raisons, *Archéoptéryx* a longtemps été considéré comme l'ancêtre des oiseaux.

© Julius T. Csotonyi.



Doc. 2 Des dinosaures à plumes... et des oiseaux pourvus de dents !

Lexique

- **Rémiges :** plumes formant une surface portante permettant le vol. Les rémiges seraient apparues à partir de plumes de type duvet.

Pistes d'exploitation

1. **Doc. 1 :** Quels arguments permettent d'affirmer que les oiseaux sont des dinosaures ; des théropodes ?
2. **Doc. 1 et 2 :** Placez sur l'arbre phylogénétique des théropodes, les innovations qui justifient chaque branche de l'arbre.
3. **Doc. 2 :** Comparez les âges de ces deux fossiles, ainsi que leurs positions dans l'arbre phylogénétique des théropodes. Pourquoi ne peut-on pas les placer aux nœuds de l'arbre de parenté ?

Activités pratiques 5

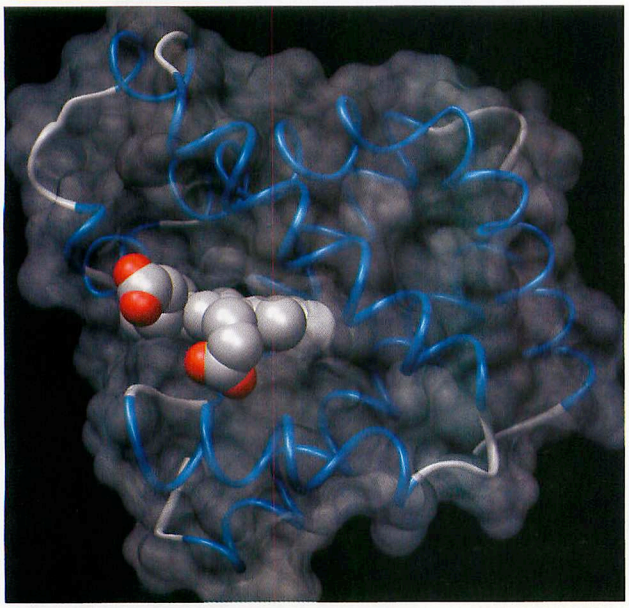
Une parenté établie à partir de données moléculaires

L'étude comparée de protéines ou de séquences d'ADN est devenue un outil puissant pour préciser la plus ou moins grande parenté entre des êtres vivants.

- Comment établir une parenté à partir de données moléculaires ?

A La notion de molécules homologues

Guide pratique p. 414

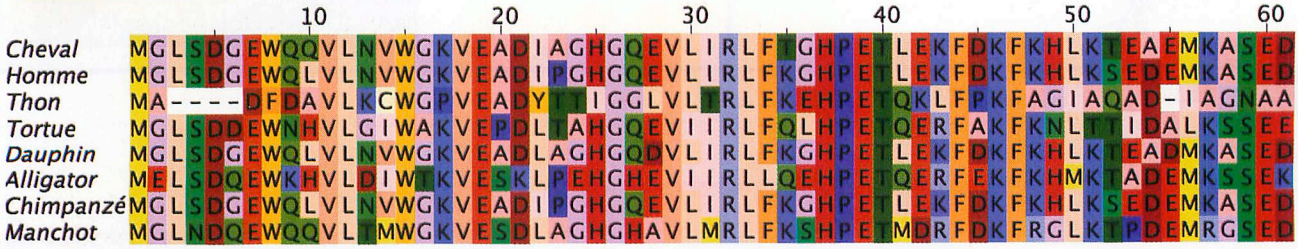


La **myoglobine** est une protéine présente chez tous les vertébrés : son rôle est de fixer le dioxygène dans les cellules musculaires. Le repliement de la chaine d'acides aminés (représentée ici en « spaghetti ») ménage une poche dans laquelle vient s'insérer l'édifice moléculaire appelé hème (représenté en sphères) qui permet la fixation du dioxygène.

L'image de droite compare le repliement des myoglobines de tortue, d'homme, de cheval et de thon.

Doc. 1 Les myoglobines des vertébrés, un exemple de protéines homologues.

Guide pratique p. 412



(alignement des séquences obtenu avec le logiciel Jalview)

Des outils informatiques de traitement des séquences permettent de **comparer les acides aminés de plusieurs protéines** et de les aligner, c'est-à-dire de retrouver les correspondances d'une protéine à l'autre. Sur le *document ci-dessus*, chaque lettre désigne un acide aminé de la myoglobine. Les couleurs permettent de distinguer les acides aminés. Les mêmes tons regroupent des acides aminés aux propriétés proches (par exemple, en rouge les acides aminés à chaîne latérale acide).

Les différences dans les séquences sont dues à des mutations survenues chez les ancêtres des espèces étudiées et conservées au cours de l'évolution.

Doc. 2 Alignement des séquences d'acides aminés d'une partie de la myoglobine de différents vertébrés.

B Une phylogénie déduite des données moléculaires

	Thon	Alligator	Manchot	Dauphin	Homme	Chimpanzé	Cheval	Tortue
Thon	0,0	58,0	57,3	53,3	54,7	54,0	55,3	56,7
Alligator		0,0	34,4	37,0	34,4	34,4	36,4	24,7
Manchot			0,0	29,2	27,9	27,9	27,9	31,8
Dauphin				0,0	13,6	13,0	10,4	33,8
Homme					0,0	0,7	11,7	31,2
Chimpanzé						0,0	11,0	31,2
Cheval							0,0	31,8
Tortue								0,0

Ce tableau, appelé **matrice des distances**, indique, pour les séquences du document 2 prises deux à deux, le **pourcentage de différences entre acides aminés**. Par exemple, la séquence de la myoglobine humaine et celle du chimpanzé diffèrent de 0,7 %.

On estime qu'une ressemblance supérieure à 20 % ne peut être due au hasard. Une telle similitude s'explique si l'on considère que les molécules ont une origine commune, c'est-à-dire qu'elles sont issues de l'évolution d'un gène présent chez un ancêtre commun aux espèces étudiées.

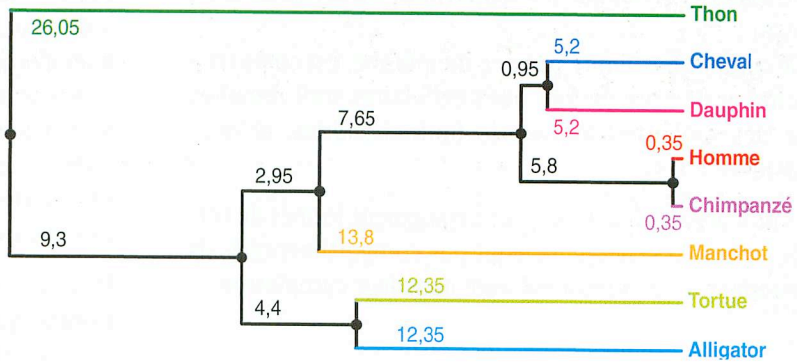
Les différences constatées ont pour origine des mutations de l'ADN survenues au cours du temps. On peut donc estimer que plus le dernier ancêtre commun à deux espèces est éloigné dans le temps, plus il y aura de différences entre les séquences de ses deux descendants. C'est le principe de « **l'horloge moléculaire** ».

Doc. 3 La « matrice des distances » traduit le degré de ressemblance entre les séquences.

À partir de la matrice des distances, différentes méthodes mathématiques permettent de tracer un **arbre phylogénétique** traduisant les relations de parenté entre les espèces.

Par exemple, on peut voir sur la matrice que les séquences de myoglobine les plus proches sont celles de l'homme et du chimpanzé (0,7 %). Ils ont donc l'ancêtre commun le plus proche.

Ensuite, c'est le dauphin et le cheval qui sont les plus proches (10,4 %). En réitérant le raisonnement, on peut compléter de proche en proche l'arbre phylogénétique.



La longueur des branches sur un tel arbre est proportionnelle aux différences entre les séquences. Toutefois, cette méthode a des limites : on ne peut pas déduire une phylogénie d'un seul arbre basé sur l'étude d'une seule molécule homologue.

Doc. 4 L'arbre phylogénétique traduit les liens de parenté entre les différentes espèces étudiées.

Pour réaliser ce travail avec le logiciel Phylogène
www.bordas-svtlycee.fr/TleS

Pistes d'exploitation

1 **Doc. 1 à 3 :** Montrez que cette étude constitue un argument en faveur d'une parenté entre les espèces vivantes étudiées.

2 **Doc. 2 et 3 :** Pourquoi dit-on que le chimpanzé est, parmi les vertébrés évoqués ici, l'espèce la plus étroitement apparentée à l'homme ? Quelle est, parmi les espèces choisies, celle qui est phylogénétiquement la plus éloignée de l'homme ?

3 **Bilan :** Comparez l'arbre obtenu à celui qui a été construit précédemment sur la base du partage de caractères dérivés.

Des parentés établies au sein des vertébrés

Après avoir brièvement rappelé les similitudes qui plaident en faveur de l'origine commune à toutes les espèces vivantes, nous verrons quelles méthodes les scientifiques utilisent pour établir des relations de parenté plus précises entre les êtres vivants. Le grand groupe des vertébrés actuels et fossiles servira de support à cette étude.

1 Une origine commune à tous les êtres vivants

1. L'unité du monde vivant

En dépit d'une très grande diversité apparente, le monde vivant présente une profonde unité au niveau cellulaire et moléculaire.

• L'universalité de la structure cellulaire

Les **cellules eucaryotes** présentent une organisation générale commune :
– le matériel génétique (chromosomes) est inclus dans un noyau ;
– le cytoplasme, limité par une membrane, est compartimenté et nombre de fonctions cellulaires sont remplies par des organites spécialisés (mitochondries, chloroplastes, etc.).

Les **procaryotes** (bactéries) sont également formés de cellules même si celles-ci ne sont pas compartimentées. Ils possèdent un chromosome libre dans leur cytoplasme.

• L'universalité du support de l'information génétique

La **molécule d'ADN**, constituant essentiel des chromosomes, est le support de l'information génétique chez tous les êtres vivants eucaryotes ou procaryotes. Sa structure moléculaire est la même chez tous : quatre nucléotides (A, T, C, G) dont l'assemblage constitue deux chaînes enroulées en « double hélice ».

Un **gène** est un segment d'une molécule d'ADN, et la séquence des nucléotides du gène constitue un message codé : c'est l'information qui permet la synthèse d'un polypeptide en précisant dans quel ordre doivent être assemblés les différents acides aminés.

• L'universalité des modalités d'expression des gènes

Le système de correspondance entre la séquence des nucléotides d'un gène et la séquence des acides aminés d'un polypeptide est appelé **code génétique**. Ce code est le même pour tous les êtres vivants : il est universel.

2. L'évolution est la seule explication scientifique de cette unité

L'unité, la diversité et les changements présentés par les êtres vivants au cours des temps géologiques ne peuvent s'expliquer que par l'**évolution**. Celle-ci implique une **parenté** entre les espèces : les formes actuelles dériveraient d'ancêtres communs plus ou moins éloignés dans le temps. Une **origine commune à toutes les espèces** est hautement probable.

2 La recherche de parentés chez les vertébrés

1. Par l'étude de caractères morphologiques, anatomiques et embryologiques

• Le choix des caractères

On peut définir un caractère comme un attribut observable chez un organisme. Il peut s'agir :
– de caractères morpho-anatomiques (présence de plumes, plan d'organisation d'un membre, etc.) ;
– de caractères embryologiques (présence d'un amnios, d'un placenta, etc.) ;
– de caractères cellulaires et moléculaires (présence d'un noyau, de chloroplastes, de tel ou tel acide aminé dans une séquence polypeptidique, etc.).

Pour pouvoir être comparés, ces caractères doivent être **homologues**. L'homologie est la ressemblance héritée d'un ancêtre commun : cet ancêtre était porteur d'une transformation évolutive, modifiant un caractère préexistant. Cette transformation a ensuite été transmise, avec plus ou moins de modifications, à l'ensemble de ses descendants.

• Un exemple d'homologie : le membre des vertébrés tétrapodes

Malgré des formes et des fonctions différentes, les membres d'un homme, d'un dauphin, d'une tortue ou d'un oiseau ont le **même plan d'organisation**. Ces membres qualifiés de « chiridiens » (membres pairs dont le premier segment contient un os unique et qui se terminent par des doigts) ont en outre la même origine embryologique chez tous ces êtres vivants.

Un tel caractère est qualifié d'homologue chez les quatre animaux cités et il peut être utilisé pour les **regrouper** dans un même ensemble : le groupe des tétrapodes.

La conclusion en termes de parenté est que ces quatre animaux possèdent **un ancêtre commun** chez lequel existait déjà un membre chiridien.

• Ne pas confondre homologie et analogie

Déceler des caractères homologues n'est pas toujours simple. La ressemblance n'est pas un critère suffisant pour l'établir. C'est ainsi que les ailes de l'oiseau et celles du criquet ne sont pas des caractères homologues car ils ne sont pas construits de la même façon. De telles ressemblances ne sont pas héritées d'un ancêtre commun ; ce sont de simples analogies. En revanche, l'aile de l'oiseau est bien homologue de la patte antérieure du dauphin (formes et fonctions différentes mais même plan d'organisation).

• Notions d'état ancestral ou dérivé d'un caractère

Cette notion importante repose sur le fait qu'au cours de l'histoire de la vie, les caractères se transforment, évoluent. Considérons par exemple le caractère « membre chiridien » des tétrapodes : ces animaux ne sont pas les seuls vertébrés à posséder des membres pairs : les cœlacanthes par exemple, en sont également pourvus. Le premier segment de leurs nageoires paires contient un os unique, mais l'extrémité du membre n'est pas pourvue de doigts. Ainsi, chez les tétrapodes, le membre chiridien est un état **dérivé** du caractère membre pair, la nageoire, un état **ancestral**. Ce dernier qualificatif signifie d'une part que des membres pairs se rencontrent dans d'autres groupes que celui des tétrapodes, d'autre part que le membre chiridien résulte de la transformation d'une nageoire au cours de l'évolution.

2. Parentés établies par l'étude de caractères moléculaires

Les biochimistes savent établir de façon très précise les séquences de nucléotides des acides nucléiques (ou les séquences d'acides aminés des polypeptides). Dès lors, il est possible de comparer ces séquences entre elles.

Si l'on considère des protéines assurant une même fonction chez différentes espèces (par exemple la myoglobine) on constate de grandes similitudes entre leurs séquences d'acides aminés : on les qualifie pour cela de **molécules homologues**, ce qui signifie qu'elles ont été héritées d'un ancêtre commun. Néanmoins, il existe des différences qui s'expliquent par des mutations survenues chez un ancêtre et qui ont été transmises depuis dans les lignées conduisant aux espèces actuelles.

Dans le cas d'un caractère moléculaire, on ne cherche pas à distinguer les états ancestraux et dérivés ; chaque molécule homologue constitue dans sa globalité un état du caractère, à comparer aux autres.

3 L'établissement de phylogénies

1. La notion de dernier ancêtre commun

Les caractères à l'état dérivé possédés en commun par un groupe d'espèces sont hérités d'une **population ancestrale commune**. Ainsi, le plus récent ancêtre commun (ou dernier ancêtre commun) à l'ensemble des amniotes devait posséder le plan d'organisation partagé par tous les amniotes. Mais cet ancêtre n'est pas connu « concrètement » : on construit son portrait robot par l'addition des caractères à l'état dérivé partagés par l'ensemble de ses descendants. Par exemple, le dernier ancêtre commun des amniotes devait posséder des vertèbres, des membres pairs munis de doigts, et un amnios. Les amniotes constituent ce que l'on appelle un **groupe monophylétique** : il s'agit d'un groupe qui rassemble **tous les descendants** autour de leur dernier ancêtre commun.

2. La traduction des parentés par un arbre phylogénétique

• Construction et commentaire d'un arbre

Un **arbre phylogénétique** est une figure qui illustre une idée simple : le degré de parenté entre des espèces dépend de l'ancienneté de leur dernier ancêtre commun dans l'histoire de la vie ; plus cet ancêtre est récent, plus leur parenté est grande. Chercher un groupe apparenté à un autre, c'est chercher le **groupe frère**, c'est-à-dire le groupe (ou l'espèce) avec lequel il **partage un ou plusieurs caractères dérivés de façon exclusive**. Ainsi, le groupe frère des oiseaux est, dans la nature actuelle, celui des crocodiles : tous possèdent en commun plusieurs caractères dérivés qui leur sont propres dont une fenêtre mandibulaire, un gésier, une membrane nictitante (membrane transparente protectrice de l'œil), etc.

Le groupe frère de cet ensemble oiseaux - crocodiles est celui constitué par les lézards et les serpents : tous partagent, entre autres caractères, la présence de deux fosses temporales en arrière de l'orbite.

Ainsi, de proche en proche, on peut construire une arborescence traduisant les liens de parenté entre les différents groupes de vertébrés (voir page 21). Chaque nœud de l'arbre ne représente pas un ancêtre réel (qui demeure inaccessible) mais un ancêtre hypothétique chez lequel est apparue une innovation évolutive qui a ensuite été transmise à l'ensemble de ses descendants.

• Une réfutation de la classification traditionnelle

La subdivision traditionnelle des vertébrés en cinq classes (poissons, amphibiens, reptiles, oiseaux et mammifères) n'est pas conforme aux principes de la classification

actuelle. En particulier, le groupe des reptiles comprend les tortues, les crocodiles, les serpents et les lézards. Si on essaie de placer ce groupe sur l'arbre de la page 21, on constate que ce **groupe ne comprend pas tous les descendants** d'une espèce ancestrale (les oiseaux en sont exclus), ce qui est donc en contradiction avec les principes de la classification actuelle.

Les reptiles **ne constituent donc pas un groupe monophylétique** et, en ce sens, ils ne doivent pas figurer en tant que tel sur un arbre phylogénétique. Le problème est comparable pour les « poissons ».

• La place des espèces fossiles dans les arbres phylogénétiques

Certaines espèces fossiles ont longtemps été considérées comme des « chaînons manquants » de l'évolution. Il était alors habituel de les placer sur les arbres de parenté au niveau des nœuds, c'est-à-dire en position de derniers ancêtres communs. L'exemple des dinosaures à plumes montre que cette conception est erronée : toute espèce, qu'elle soit actuelle ou fossile, peut être considérée comme groupe frère d'autres espèces et à ce titre, doit être placée à l'extrémité d'une branche dans l'arbre phylogénétique.

• Le cas des arbres construits à partir de données moléculaires

Pour construire ces arbres, on prend en compte le degré de similitude entre molécules homologues chez différentes espèces. En fait, on mesure les différences constatées entre les séquences de ces molécules, c'est-à-dire le nombre (ou le pourcentage) de nucléotides (ou d'acides aminés) différents d'une molécule à l'autre. Ce degré de similitude est en première approximation assimilé au degré de parenté : plus forte est la ressemblance entre les molécules homologues de deux groupes, plus récent est l'ancêtre commun à ces deux groupes.

L'essentiel

- Les êtres vivants partagent des propriétés communes : structure cellulaire, information génétique sous forme d'ADN, mécanismes de la réplication et de l'expression des gènes, universalité du code génétique. Tout cela traduit une origine commune : le monde vivant actuel résulte d'une évolution et toutes les espèces vivantes actuelles ou fossiles sont plus ou moins étroitement apparentées.

- L'établissement de relations de parenté entre les vertébrés actuels s'effectue par comparaison de caractères homologues (morphologiques, anatomiques, embryonnaires et moléculaires). Suivant les espèces ou groupes considérés, un caractère donné est présent sous un état ancestral ou un état dérivé. Seul le partage d'états dérivés des caractères témoigne d'une étroite parenté : ces caractères communs sont hérités d'une population ancestrale commune.

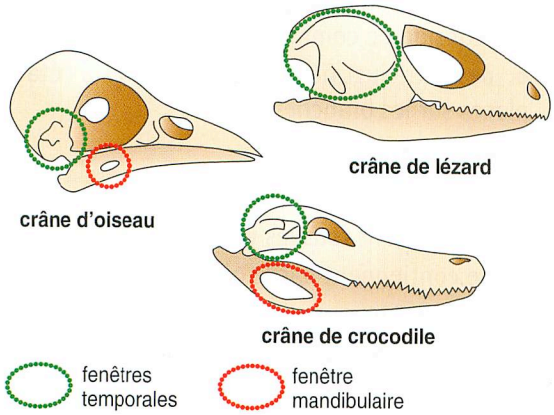
- Les relations de parenté peuvent être illustrées par la construction d'un arbre phylogénétique. Chaque nœud d'un tel arbre représente un ancêtre commun hypothétique, défini par les caractères dérivés partagés par l'ensemble des espèces qui lui sont postérieures.

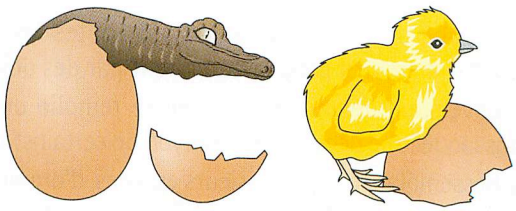
- Un ancêtre commun demeure hypothétique et ne peut pas être assimilé à une espèce fossile précise.

Schéma-bilan

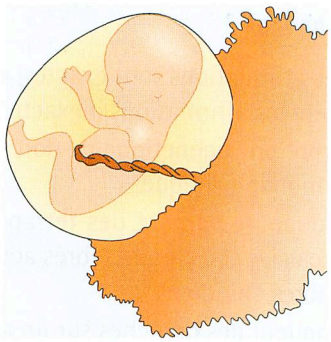
La recherche de parentés au sein des vertébrés

- **Des comparaisons anatomiques, embryologiques, moléculaires…**





Les lézards, crocodiles et oiseaux pondent des œufs (pas de placenta).



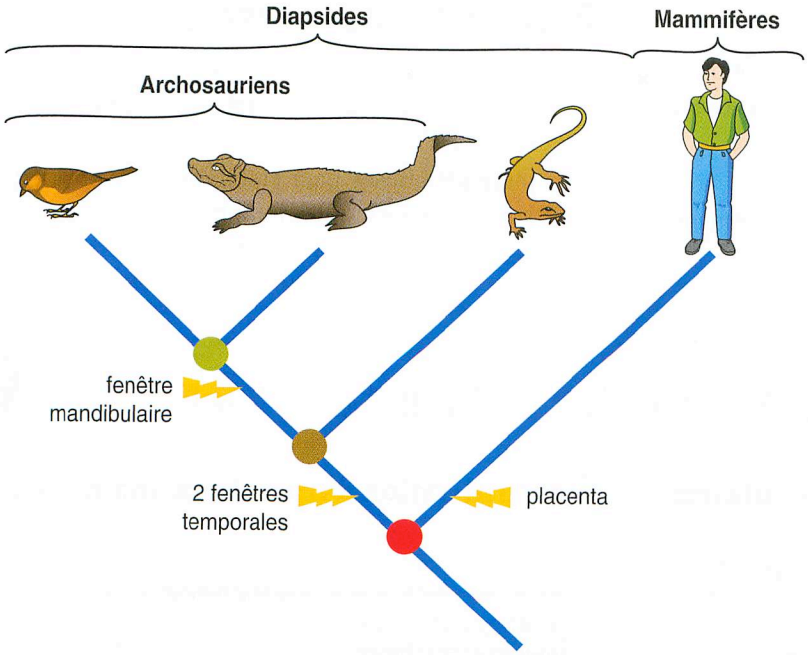
Chez les humains, le placenta assure les relations entre l'embryon et sa mère.

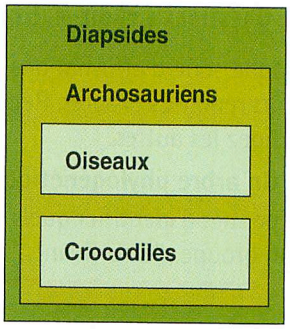
- **Des caractères homologues dans différents états**

	Oiseau	Crocodile	Lézard	Homme
Fenêtres temporales	2	2	2	1
Fenêtre mandibulaire	Présente	Présente	Absente	Absente
Placenta	Absent	Absent	Absent	Présent

Caractère à l'état ancestral — Caractère à l'état dérivé

L'établissement de phylogénies





Transformation évolutive d'un caractère de l'état ancestral vers un état dérivé.

Dernier ancestre commun (hypothétique) qui devait posséder l'ensemble des caractères à l'état dérivé partagés par tous ses descendants.

Tester ses connaissances

A. Retrouvez le mot qui correspond à chaque définition.

a. Figure représentant les relations de parenté entre différentes espèces.

b. Groupe de parenté rassemblant toutes les espèces dont les membres pairs se terminent par des doigts.

c. Enveloppe délimitant une poche remplie de liquide dans laquelle se développe l'embryon de certains vertébrés.

d. Ressemblance, chez plusieurs espèces, d'organes ou de parties d'organes provenant de l'héritage d'un ancêtre commun.

e. Groupes partageant le même ancêtre commun.

B. Vrai ou faux ?

Certaines affirmations sont exactes, recopiez-les. Corrigez ensuite les affirmations inexactes.

a. Un arbre phylogénétique ne doit comporter que des groupes monophylétiques.

b. Le groupe de parenté des tétrapodes rassemble de façon exclusive tous les vertébrés actuels qui possèdent des membres chiridiens.

c. La longueur des branches sur un arbre obtenu à partir de données moléculaires est proportionnelle aux différences entre les séquences de ces molécules.

d. Chercher un groupe apparenté à un autre, c'est chercher le groupe avec lequel il partage un ou plusieurs caractères ancestraux de façon exclusive.

C. Questions à choix multiples.

Chaque série d'affirmations peut comporter une ou plusieurs réponses exactes. Repérez les affirmations exactes, corrigez les autres.

1. Un arbre phylogénétique :

a. permet d'identifier quels sont les plus proches parents d'un groupe d'être vivant ;

b. ne comporte à l'extrémité des branches que des espèces actuelles ;

c. est établi une fois pour toutes ;

d. présente, au niveau de chaque nœud, une espèce fossile considérée comme un « chaînon manquant » ;

e. peut être justifié par des caractères à l'état ancestral placés sur les branches.

2. Les amniotes...

a. sont tous des vertébrés tétrapodes ;

b. rassemblent tous les vertébrés tétrapodes ;

c. ne contiennent pas le groupe des mammifères ;

d. partagent tous une même innovation évolutive : l'amnios ;

e. ont pour dernier ancêtre commun exclusif un animal dont les œufs étaient dépourvus d'amnios.

3. Les caractères utilisés pour reconstituer les relations de parenté...

a. doivent tous être des caractères homologues ;

b. doivent se présenter sous l'état dérivé uniquement ;

c. ne peuvent pas être pour certains morpho-anatomiques et pour d'autres moléculaires ;

d. sont à rechercher sur les fossiles aussi bien que sur les espèces actuelles ;

e. permettent de reconnaître dans un fossile le dernier ancêtre commun d'un groupe de parenté.

D. Quelle différence y a-t-il entre...

a. une relation d'homologie et une relation d'analogie ?

b. un caractère à l'état ancestral et ce même caractère à l'état dérivé ?

c. la méthode utilisée pour établir un arbre phylogénétique sur la base de critères morpho-anatomiques d'une part, de critères moléculaires d'autre part.

Restitution organisée des connaissances

BAC

A L'utilisation de données moléculaires

Comment reconstituer les relations de parenté entre trois espèces de vertébrés sur la base de critères moléculaires ? Vous expliquerez le choix des molécules étudiées, leur traitement et le principe de déduction de la parenté.

B L'utilisation de caractères anatomiques

Expliquez en quoi les homologies observées à l'échelle des organismes (embryons et adultes) témoignent de l'évolution des êtres vivants. La réponse sera construite autour d'une argumentation basée sur des exemples concrets.

Pratique du raisonnement scientifique

BAC

1 Enrichir un arbre phylogénétique

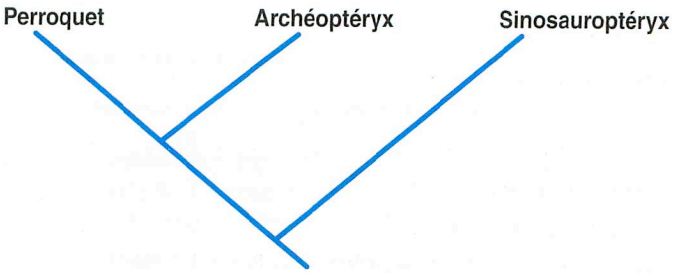
Recherche d'informations utiles à la résolution d'un problème scientifique

Ibéromésornis a été découvert en 1985 dans le gisement de Las Hoyas, en Espagne. Il y a 135 millions d'années, la région était un lac entouré d'une forêt et on peut imaginer que ce petit théropode, de la taille d'un merle, devait chasser de petites proies sur les rives. Tout à fait capable de voler, il n'est pourtant pas un oiseau moderne, comme le montre le tableau comparatif ci-contre.

	Dents	Queue	Bréchet	Fourchette	Plumes rémiges
Ibéromésornis	+	–	–	+	+
Sinosauroptéryx	+	+	–	–	–
Archéoptéryx	+	+	–	+	+
Perroquet	–	–	+	+	+

+ : présence
– : absence

état ancestral du caractère
état dérivé du caractère



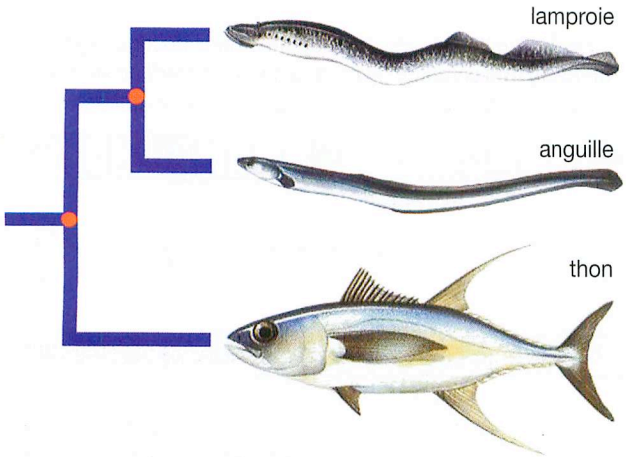
Question

Placez *Ibéromésornis* dans l'arbre phylogénétique proposé, en justifiant vos choix sur la base des informations fournies par le document.

2 Critiquer une reconstitution phylogénétique

Recherche d'informations utiles à la résolution d'un problème scientifique

La forte ressemblance de la lamproie et de l'anguille a conduit à la construction de l'arbre phylogénétique ci-dessous.



Caractère	État ancestral du caractère	État dérivé du caractère
Peau	nue	écailles
Mâchoires	absentes	présentes
Squelette	cartilagineux	osseux
Nageoires paires	absentes	présentes

Caractère	État du caractère : 0 = ancestral, 1 = dérivé		
	Lamproie	Anguille	Thon
Peau	0	1	1
Mâchoires	0	1	1
Squelette	0	1	1
Nageoires paires	0	1	1

Question

À l'aide des informations fournies par le document, critiquez l'arbre présenté, corrigez-le et expliquez pourquoi la simple ressemblance ne suffit pas à établir une parenté étroite entre les êtres vivants.

3 Identifier les plus proches parents des baleines

Exploitation de documents en relation avec les connaissances

Les documents 2, 3 et 4 correspondent à des données morphologiques, anatomiques, embryologiques et moléculaires permettant de valider ou invalider l'arbre phylogénétique de référence du document 1.

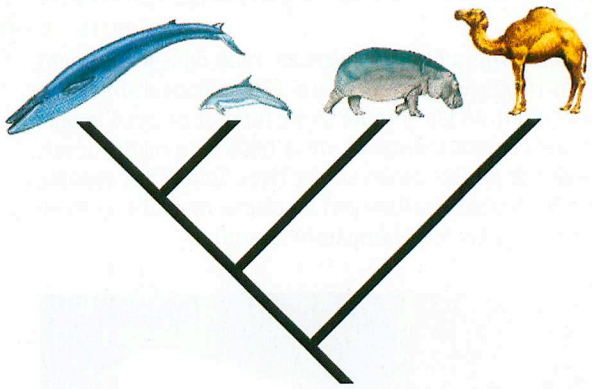
Question 1

À partir des documents et de vos connaissances, montrez que l'arbre phylogénétique proposé (document 1) est cohérent avec les données morphologiques, anatomiques et moléculaires disponibles.

Question 2

Expliquez pourquoi l'ancêtre commun des hippopotamidés (hippopotames) et des cétacés (baleines et dauphins) ne pouvait être ni un cétacé, ni un hippopotamidé.

Document 1 : Arbre phylogénétique de référence



Document 2 : Données morphologiques ou anatomiques

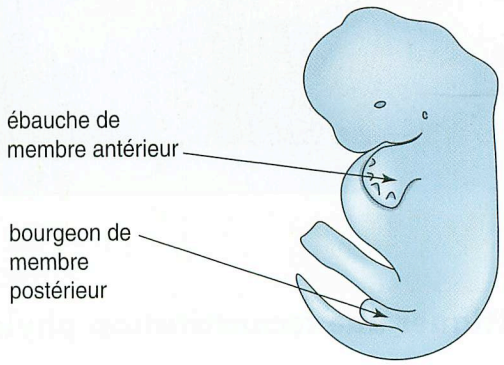
	Rorqual	Dauphin	Hippopotame	Dromadaire
Molaire	absentes (fanons)	pointues	larges et plates	larges et plates
Cage thoracique	courte	courte	très allongée	courte
Queue	aplatie en nageoire	aplatie en nageoire	courte et cylindrique	courte et cylindrique
Membres postérieurs	résiduels	absents	patte	patte
Membres antérieurs	palette natatoire	palette natatoire	patte	patte

état ancestral du caractère

état dérivé du caractère

Document 3 : Embryon de dauphin

Des bourgeons de membres antérieurs et postérieurs sont visibles. Aux stades suivants, chez le dauphin, ces bourgeons régressent et disparaissent.



embryon de dauphin

Document 4 : Une comparaison des caséines de trois animaux

La caséine est une protéine présente dans le lait. On la trouve donc chez tous les mammifères. Cependant, la séquence des acides aminés n'est pas exactement la même d'une espèce à l'autre. Le tableau ci-dessous, obtenu à l'aide du logiciel « Phylogène » (INRP) compare un fragment représentatif de 74 acides aminés appartenant aux caséines de trois espèces animales.

	115					120					125					130					135					140					145					150
dauphin	G	C	C	T	T	T	C	C	C	T	C	A	G	C	C	T	G	A	A	A	T	A	A	T	G	G	A	A	G	T	C	T	C	C	A	R	A
dromadaire	A	C	C	T	T	T	T	C	T	T	C	A	G	C	C	T	A	A	A	G	T	A	A	T	G	G	A	T	G	T	C	C	C	C	A	A	A
hippopotame	G	C	C	T	T	T	C	C	T	T	C	A	G	C	C	T	G	A	A	A	T	A	A	T	G	G	A	A	G	T	C	C	C	C	A	A	A

				155				160				165				170				175				180				185			
dauphin	G	C	T	A	A	G	G	A	G	A	C	T	A	T	C	C	T	T	C	C	T	A	A	G	C	A	T	A	A	A	G	A	A	A	T	G	C
dromadaire	A	C	T	A	A	G	G	A	G	A	C	C	A	T	C	A	T	T	C	C	T	A	A	G	C	G	C	A	A	A	G	A	A	A	T	G	C
hippopotame	G	C	A	A	A	G	G	A	G	A	C	T	A	T	C	C	T	T	C	C	T	A	A	G	C	A	T	A	A	A	G	A	A	A	T	G	C

Chapitre 2

La place de l'espèce humaine dans le règne animal

Les méthodes permettant d'établir des relations de parenté entre les vertébrés sont applicables à l'espèce humaine. Au sein des mammifères, c'est parmi les primates qu'il faut rechercher les espèces les plus étroitement apparentées à l'homme, c'est-à-dire celles qui partagent avec l'homme un ancêtre commun récent.

Pan troglodytes *(Chimpanzé commun)* et Homo sapiens *(espèce humaine).*

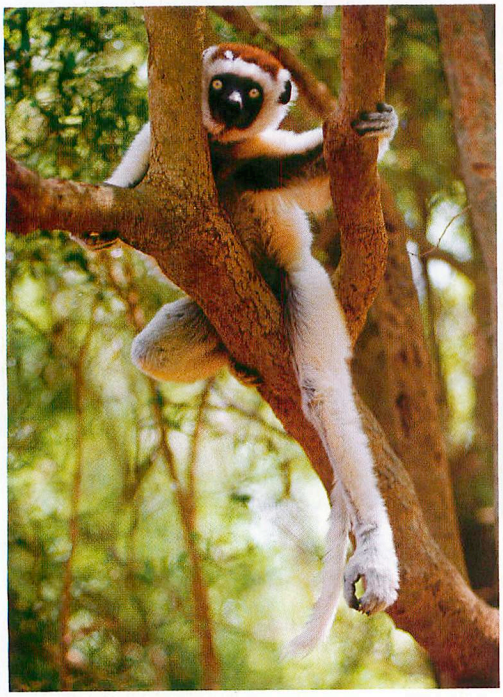
Activités pratiques 1

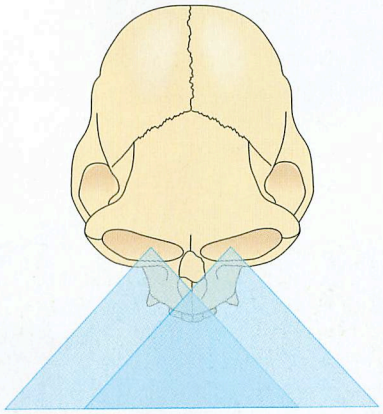
La place de l'homme parmi les mammifères

Parmi les vertébrés, l'homme appartient à la classe des mammifères. Cependant, son degré de parenté n'est pas le même avec toutes les espèces qui constituent ce groupe. Il est plus étroitement apparenté avec certaines d'entre elles.

- Quelle est plus précisément la place de l'homme au sein du groupe des mammifères ?

A L'homme, un primate parmi d'autres





Chez les primates, les aires cérébrales impliquées dans la vision (situées dans la partie occipitale de la boîte crânienne) sont très développées.

Les orbites larges, situées vers l'avant, permettent une vision binoculaire stéréoscopique et donc une bonne perception du relief.

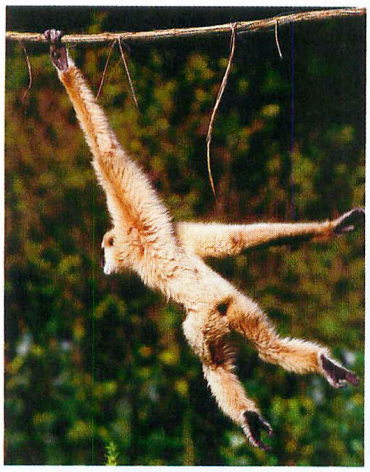
Les lémuriens sont des primates arboricoles vivant sur l'île de Madagascar. Ils possèdent généralement une longue queue. La présence d'une truffe rappelle une tête de chien mais leurs yeux ronds leur confèrent un regard caractéristique.

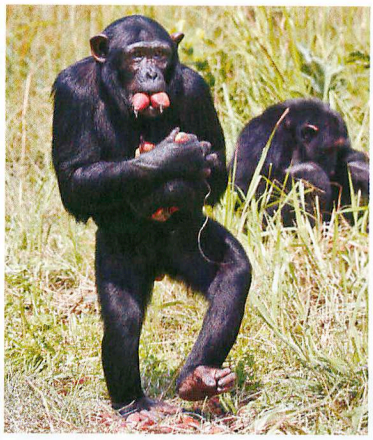
Doc. 1 Des caractéristiques partagées avec les autres primates.

Doc. 2 La main et le pied d'un primate (ici un gorille) sont très différents de ceux des autres groupes de mammifères.

B L'homme et ses plus proches cousins

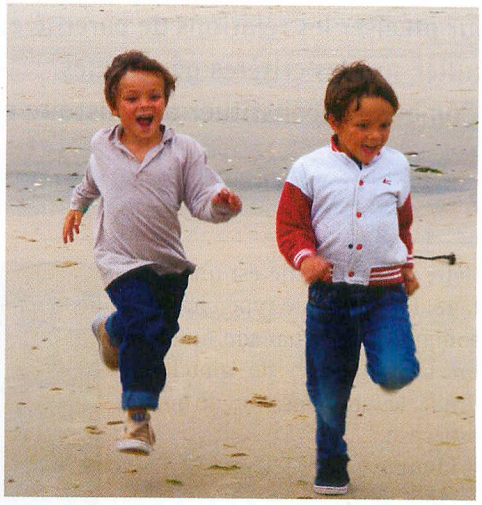
La **brachiation** (déplacement de branche en branche par suspension) est le mode de déplacement favori des gibbons.

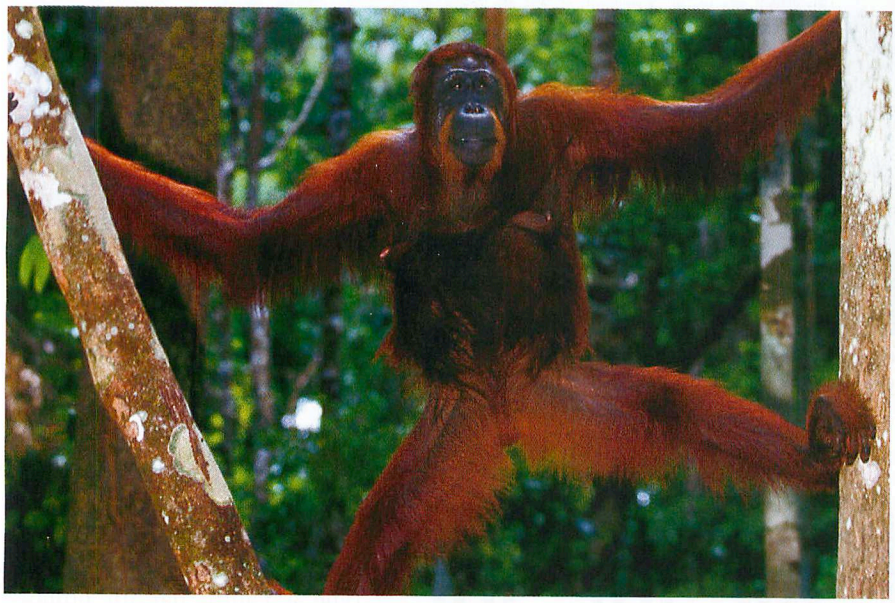




Au sol, le chimpanzé pratique la marche **quadrupède** (40 % de son temps) mais il est volontiers **bipède** (10 %). Dans les arbres, il se déplace par suspension (50 %).

Même s'il peut très bien marcher à quatre pattes ou se suspendre, l'être humain est essentiellement **bipède**.





Les orangs-outans sont **arboricoles** ; ils passent tout leur temps dans les arbres de la jungle de Bornéo et de Sumatra. Ils sont même capables de se déplacer debout sur les branchages.

Essentiellement **terrestres**, les gorilles marchent à quatre pattes en s'appuyant sur les articulations des doigts. Mais il arrive assez fréquemment qu'un gorille se déplace sur deux pattes.

Doc. 3 Les hominoïdes* partagent un vaste répertoire locomoteur.

Lexique

- **Hominoïdes :** groupe des « grands singes », comportant gibbons, orang-outans, gorilles, chimpanzés et homme. Ils se distinguent notamment des autres singes par l'absence de queue (colonne vertébrale terminée par le coccyx).

Pistes d'exploitation

1. **Doc. 1 et 2 :** Quel intérêt présente la position particulière du pouce ?
2. **Doc. 2 et 3 :** Mettez en relation les modes de déplacement, le milieu de vie et certains caractères anatomiques de ces différentes espèces. Comment qualifier la locomotion dans l'espèce humaine ?
3. **Doc. 1 à 3 :** En argumentant, précisez la place de l'espèce humaine au sein du groupe des mammifères.

Activités pratiques 2

Des parentés déduites de données chromosomiques

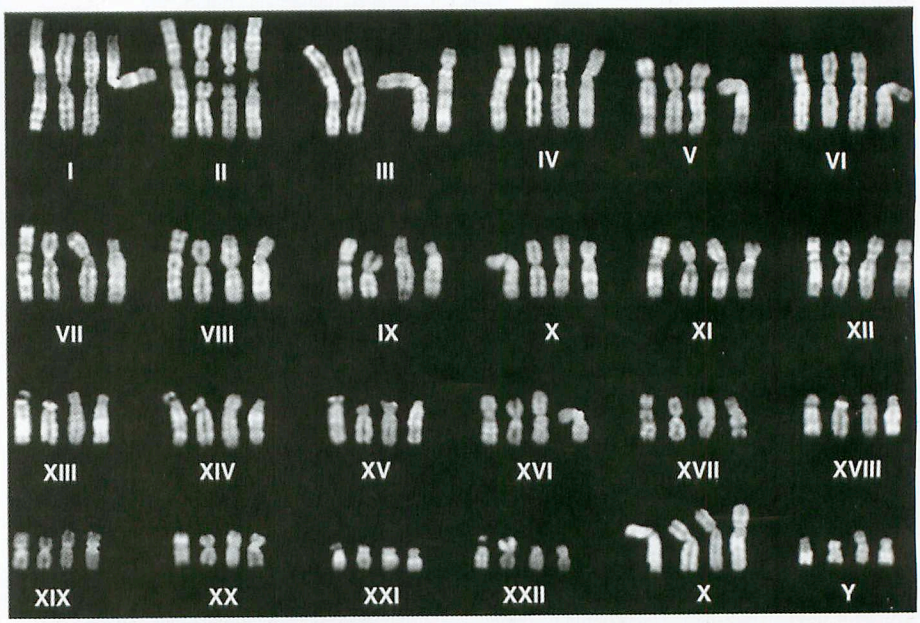
Pour préciser les relations de parenté entre les espèces d'hominoïdés*, les scientifiques se basent en particulier sur des critères génétiques.

- **Comment reconstituer une histoire évolutive à partir de l'étude de caryotypes ?**

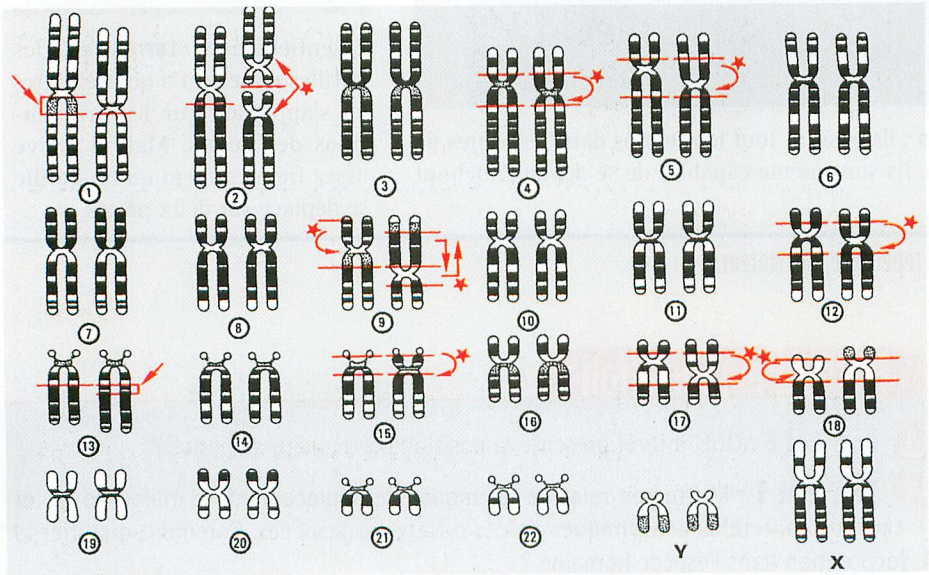
A Une comparaison des caryotypes

Cette photographie est un montage. Pour chaque type chromosomique (repéré par son numéro) on a juxtaposé, de gauche à droite, les chromosomes de quatre espèces :
- homme ;
- chimpanzé ;
- gorille ;
- orang-outan.

N. B. : les torsions des chromosomes ne sont pas significatives.



Doc. 1 Comparaison du caryotype de quatre espèces d'hominoïdés.



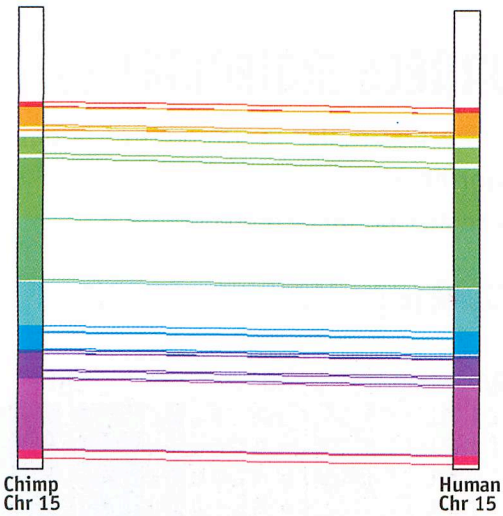
D'après B. DUTRILLAUX, in « Les hommes, passé, présent, conditionnel », A. Langaney.

La coloration des chromosomes révèle des bandes qui montrent que l'on peut passer d'un caryotype à l'autre par un nombre limité d'événements :
- fusion de deux chromosomes ;
- délétion ou insertion d'un fragment de chromosome ;
- inversion d'un morceau de chromosome entre deux points de coupure ;
- translocation d'un morceau de chromosome sur un autre chromosome.

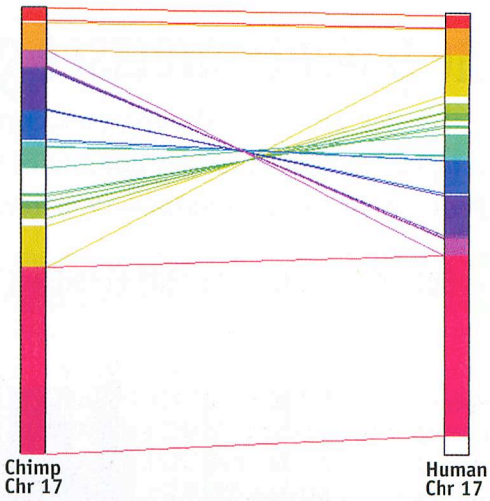
Pour chaque paire : à gauche, chromosome de l'homme, à droite chromosome du chimpanzé.

Doc. 2 Une analyse plus précise des correspondances entre les génomes du chimpanzé et de l'homme.

B Reconstituer l'histoire de l'évolution des caryotypes



Comparaisons établies à l'aide du logiciel « Cinteny ».

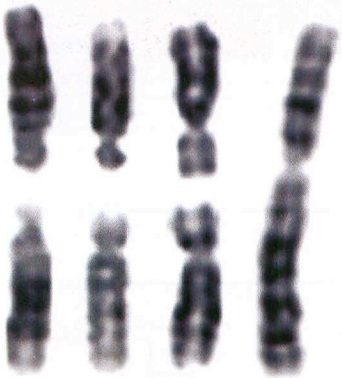


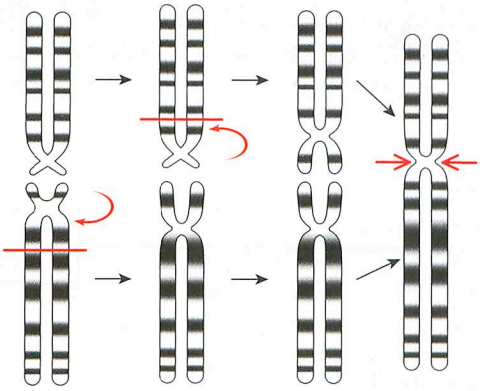
Le **séquençage complet** des génomes de l'homme et du chimpanzé a permis d'établir une comparaison de leurs chromosomes basée sur la localisation de tronçons d'ADN communs. Sur ces diagrammes, chaque couleur représente une zone dans laquelle les gènes se suivent de la même façon pour les deux espèces. Les zones blanches n'ont pas de correspondance dans l'autre chromosome.

De façon globale, le séquençage a révélé que l'information génétique de l'homme et du chimpanzé ne diffèrent que de 1 % au niveau de leurs gènes et de 5 % au niveau de la totalité de leur ADN.

Pour effectuer d'autres comparaisons :
www.bordas-svtlycee.fr/TleS

Doc. 3 Une analyse des correspondances entre les séquences génétiques du chimpanzé et de l'homme.





La comparaison du chromosome 2 humain avec ses homologues chez le chimpanzé, le gorille et l'orang-outan conduit à reconstituer la succession des remaniements chromosomiques nécessaires pour passer de l'un à l'autre.

Les flèches rouges sur la photo indiquent la position des centromères.

Doc. 4 Reconstitution de l'histoire des réarrangements du chromosome 2.

Lexique

- **Hominoïdés :** ce terme regroupe, parmi les grands singes, les espèces les plus proches : orang-outans, gorilles, chimpanzés et hommes.

Pistes d'exploitation

1. **Doc. 1 :** Que montre la comparaison globale de ces caryotypes ?
2. **Doc. 1 et 2 :** Retrouvez divers exemples correspondant aux réarrangements chromosomiques cités dans le document 2.
3. **Doc. 3 :** Comparez les homologies entre les chromosomes 15 d'une part et les chromosomes 17 d'autre part.
4. **Doc. 4 :** Montrez que l'on peut déduire les relations de parenté entre ces espèces d'après le nombre de remaniements chromosomiques qui les différencient.

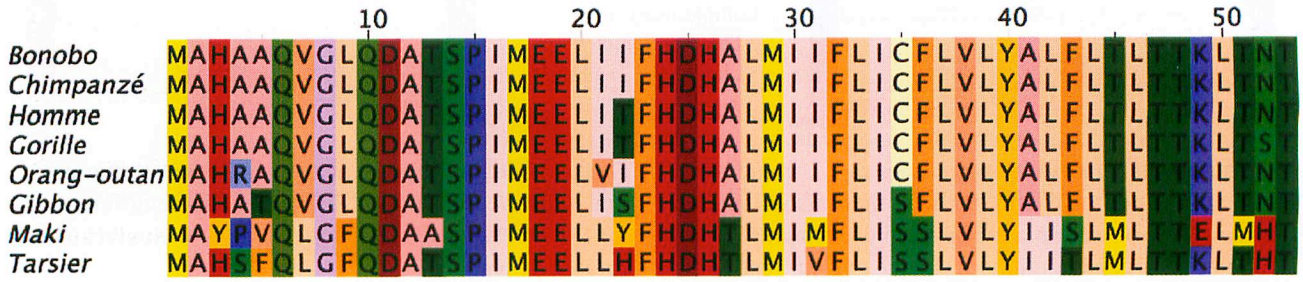
Activités pratiques 3

Une parenté précisée grâce à des données moléculaires

Au sein des primates, les analyses chromosomiques conduisent à distinguer le groupe des pongidés (orang-outans) de celui des hominidés (hommes, chimpanzés, gorilles).

- Peut-on affiner les relations de parenté entre ces espèces grâce aux données moléculaires ?

A Un arbre phylogénétique établi par la comparaison d'une enzyme respiratoire



a.

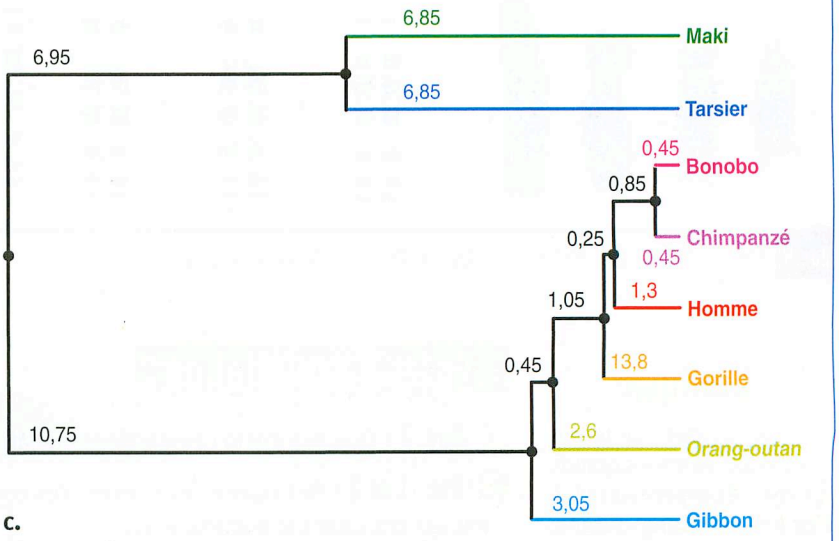
	Bonobo	Chimpanzé	Homme	Gorille	Orang-outan	Gibbon	Maki	Tarsier
Bonobo	0	0,9	2,6	3,1	5,3	6,2	29,5	27,3
Chimpanzé		0	2,6	3,1	5,3	6,2	29,1	26,9
Homme			0	3,1	6,2	5,7	28,6	26,4
Gorille				0	4,0	6,2	28,6	27,3
Orang-outan					0	6,2	28,2	26,9
Gibbon						0	26,9	25,6
Maki							0	13,7
Tarsier								0

b.

La cytochrome oxydase est une enzyme clé de la respiration cellulaire, présente chez tous les eucaryotes. Sa séquence a été déterminée chez de nombreuses espèces.

Les trois documents présentés ici ont été établis à l'aide d'un logiciel :

- **L'alignement des séquences** (a) permet de comparer le début de la chaîne des acides aminés de la cytochrome oxydase. Chaque lettre représente un acide aminé. Les teintes de couleur regroupent les acides aminés aux propriétés semblables.
- **La matrice des distances** (b) présente le pourcentage de différences entre les séquences comparées deux à deux.
- **L'arbre phylogénétique** (c) est construit à partir de la matrice des distances. La longueur des branches horizontales est proportionnelle au pourcentage de différences entre les séquences.

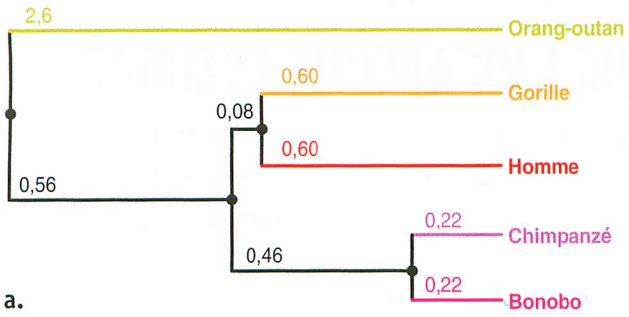


c.

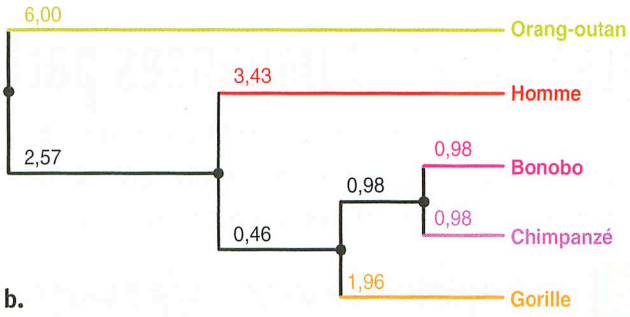
Remarques : le maki est un lémurien ; le tarsier est un petit primate arboricole du sud-est asiatique ; le bonobo est une espèce de chimpanzé, différente du chimpanzé commun.

Doc. 1 La comparaison des séquences de la cytochrome oxydase permet de préciser la parenté entre les primates.

B Des études basées sur la comparaison de plusieurs molécules



a.



b.

Ces deux arbres phylogénétiques ont été obtenus en comparant deux autres molécules, respectivement une enzyme (une transférase) et une protéine du noyau des spermatozoïdes (la protamine P2).

Comment expliquer les différences ? Un arbre phylogénétique construit à partir de données moléculaires est basé sur le calcul d'un nombre total de différences entre séquences (matrice des distances). L'arbre ne reflète donc pas un partage de caractères à l'état dérivé comme ceux établis à partir de caractères anatomiques.

Lorsqu'un arbre est basé sur la comparaison de molécules (gènes ou protéines), le résultat obtenu dépend du nombre de mutations prises en compte. Cependant, il faut aussi considérer :

– que le nombre de différences entre espèces très proches est parfois très faible ;

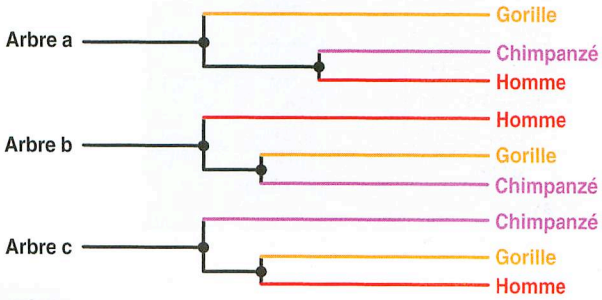
– que deux mutations peuvent s'annuler (ce qui rapproche artificiellement deux espèces plus éloignées) ;

– que des mutations ont pu se produire à des vitesses différentes dans l'histoire de chaque espèce.

Pour établir une relation de parenté entre espèces proches, il faut donc se baser sur de multiples études.

Doc. 2 Les problèmes posés par les parentés basées sur les données moléculaires.

Afin de préciser les relations de parenté entre l'homme, le chimpanzé et le gorille, plusieurs analyses statistiques portant sur de nombreuses séquences ont cherché à valider l'une des trois hypothèses présentées par les arbres ci-contre.



Le tableau ci-contre présente les résultats de trois de ces études (le pourcentage correspond au nombre de cas où l'hypothèse est validée).

	Arbre a	Arbre b	Arbre c
Étude portant sur 58 gènes	59 %	17 %	24 %
Étude portant sur 34 séquences d'ADN (codantes et non codantes)	59 %	20 %	21 %
Étude portant sur 53 séquences d'ADN non codantes	58 %	23 %	19 %

Doc. 3 Une analyse statistique des parentés moléculaires entre espèces proches.

Pour faire cette étude avec un logiciel : www.bordas-svtlycee.fr/TleS

Pistes d'exploitation

1 **Doc. 1 :** Montrez que cet arbre phylogénétique confirme les relations de parenté établies précédemment avec d'autres méthodes. Retrouvez les *groupes de primates* déjà constitués.

2 **Doc. 1 et 2 :** Comparez les arbres obtenus. En quoi sont-ils contradictoires ?

3 **Doc. 1 à 3 :** D'après l'ensemble de ces documents, quelle est l'espèce d'hominidé la plus proche de l'espèce humaine ?

Activités pratiques 4

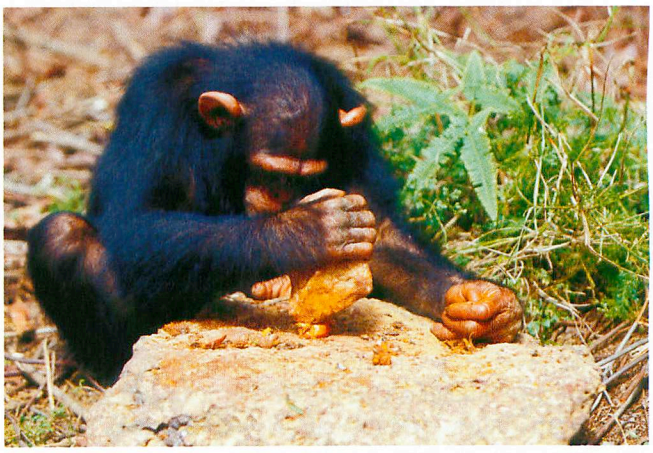
Hommes et chimpanzés partagent un ancêtre commun

La comparaison des génomes démontre que les chimpanzés sont les êtres vivants les plus proches de l'homme. D'autres caractères, notamment comportementaux, rapprochent aussi homme et chimpanzés.

• Comment peut-on se représenter l'ancêtre commun aux chimpanzés et à l'homme ?

A Les chimpanzés : des primates déjà « cultivés »

◀ Après avoir effeuillé une brindille, parfois plus d'un kilomètre à l'avance, ces chimpanzés l'introduisent dans une termitière pour en extraire des termites et les manger.



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

Une culture* chez les chimpanzés ?

Préparer et utiliser une brindille, casser des noix, creuser à l'aide d'un pilon, utiliser des feuilles comme une éponge, fabriquer un coussin de feuilles pour s'asseoir, se soigner avec des plantes : une étude récente et approfondie a déjà identifié formellement plus de 39 pratiques culturelles chez les chimpanzés.

Il apparaît que chaque communauté possède des comportements culturels qui lui sont propres. Des expériences confirment que les chimpanzés apprennent, notamment en observant et en imitant leurs congénères.

▲ Un jeune chimpanzé apprend à utiliser une pierre, sous le contrôle de l'une des doyennes du groupe, tandis qu'un bébé observe attentivement la scène. Chez les chimpanzés, il faut environ cinq ans pour apprendre à casser des noix.

Doc. 1 L'utilisation d'outils n'est pas l'apanage de l'homme.

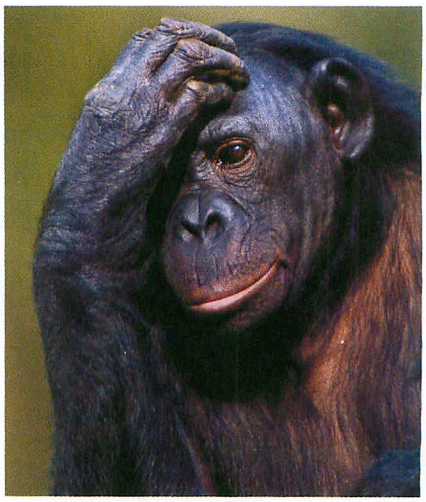
B Reconstituer le dernier ancêtre commun à l'homme et aux chimpanzés

On connaît deux espèces de chimpanzés : le chimpanzé commun (*Pan troglodytes*) et le chimpanzé nain (*Pan paniscus*), plus couramment appelé bonobo.

Les bonobos présentent quelques différences morphologiques avec les chimpanzés communs : ils sont plus petits (40 kg environ), leur corps est plus svelte. Leur crâne est plus arrondi et leur face plus plate.

Les bonobos vivent essentiellement dans les arbres mais sont de **bons bipèdes** : ils peuvent marcher sur de longues distances et utiliser leurs mains pour porter des objets. La marche bipède correspond à environ 20 % de leurs déplacements.

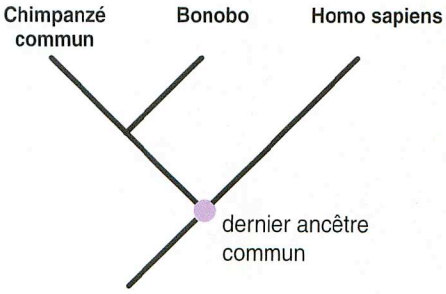
La société des bonobos est **peu hiérarchisée** et ces animaux sont beaucoup moins violents que les chimpanzés communs. Ils communiquent par une multitude de mimiques, grognements, sifflements. Leur comportement sexuel semble primordial : il a des fonctions d'apaisement au sein de la société des bonobos. Les bonobos s'accouplent fréquemment même en dehors des périodes de réceptivité des femelles et pratiquent l'accouplement « face-à-face ».



Doc. 2 Les bonobos : des chimpanzés aux comportements encore plus proches des humains ?

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

Pascal Picq *(Entretien RFI)*.



Le dernier ancêtre commun à l'homme et aux chimpanzés devait donc avoir les caractéristiques suivantes :

- Taille : environ 1 m pour 30 à 40 kg.
- Capacité crânienne de 300 à 400 cm^3 environ.
- Vie arboricole, répertoire locomoteur incluant la bipédie.
- Omnivore, canines modérément développées.
- Vie en communauté, communication par mimiques.
- Usage d'outils rudimentaires.
- Capacité de montrer et d'apprendre.

Doc. 3 Le portrait robot du dernier ancêtre commun.

Lexique

- **Culture :** comportement typique d'une population, impliquant une transmission du savoir ou du savoir-faire entre les individus.
- **Homininés :** dans la classification la plus courante, ce groupe rassemble hommes et chimpanzés. Pour certains auteurs, ce terme désigne seulement la lignée humaine (l'homme actuel et ses ancêtres depuis l'ancêtre commun homme/chimpanzés).

Pistes d'exploitation

1. **Doc. 1 :** Justifiez le terme de « cultures » utilisé pour désigner certains comportements des chimpanzés.
2. **Doc. 1 et 2 :** Comparez les traits culturels des chimpanzés et de l'homme.
3. **Doc. 3 :** Sur quel raisonnement s'appuie-t-on pour reconstituer le portrait robot de l'ancêtre commun à l'homme et aux chimpanzés ?

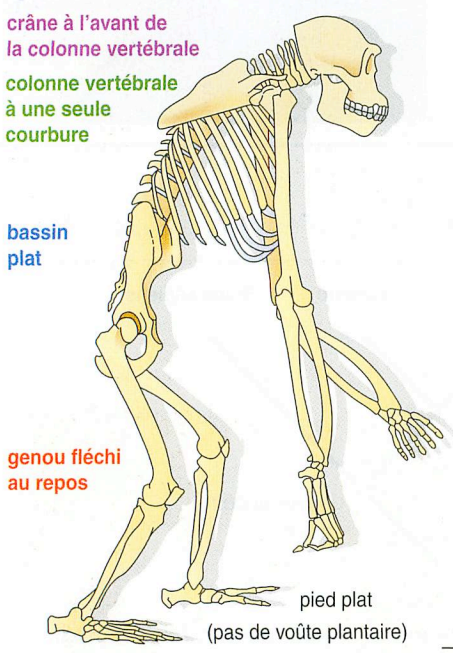
Activités pratiques 5

Les caractères dérivés propres aux humains

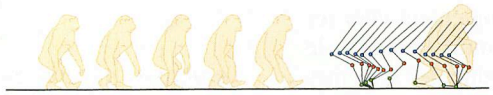
Si l'homme partage avec le chimpanzé de nombreux caractères, il présente aussi des particularités qui permettent de reconnaître les représentants de la lignée humaine.

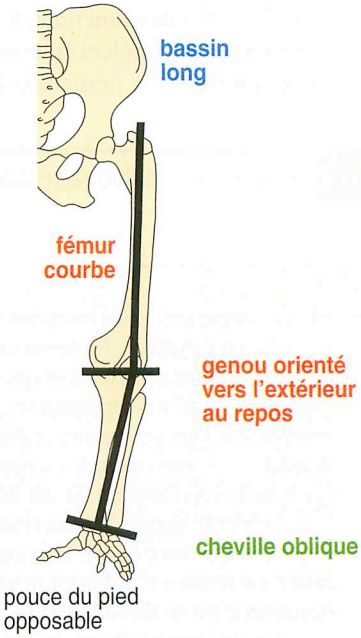
• Quels sont les principaux caractères dérivés des humains ?

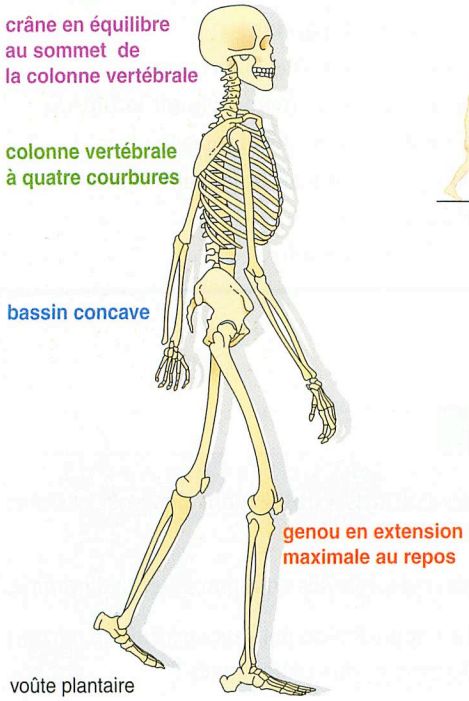
A Des caractères liés à la bipédie permanente

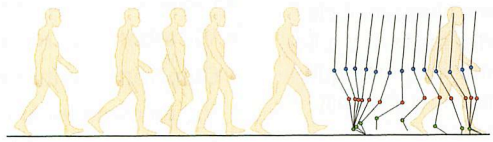


Les chimpanzés pratiquent occasionnellement une bipédie qui se caractérise par une flexion permanente des articulations de la hanche et du genou. Au cours de la marche, ces centres articulaires montent et descendent successivement. De plus, la flexion de la cheville et du genou s'accompagnent d'une rotation vers l'extérieur. Ces caractéristiques anatomiques et fonctionnelles se traduisent par une faible efficacité mécanique : la marche bipède demande aux chimpanzés une importante dépense énergétique.

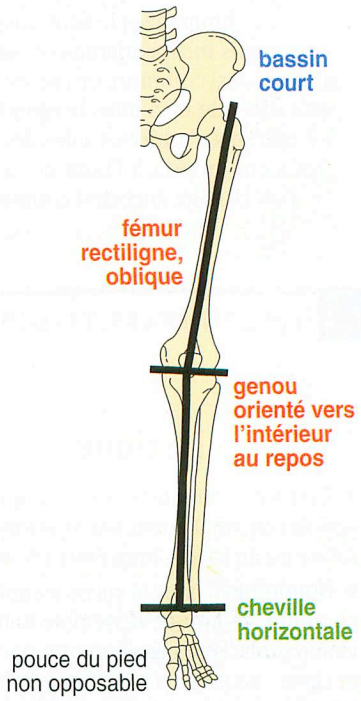








L'homme est un bipède exclusif. Le tronc est érigé au dessus des membres postérieurs (devenus inférieurs) en extension complète. Lors de la marche, l'oscillation verticale de la hanche et du genou est très faible. En début et en fin de pas, ces articulations sont en extension complète. La flexion de la cheville et du genou se fait dans le sens du déplacement, sans rotation extérieure. Ces caractéristiques, et d'autres, font que la bipédie humaine est bien plus efficace que celle pratiquée par les autres primates.



Doc. 1 La locomotion bipède permanente requiert de multiples innovations anatomiques.

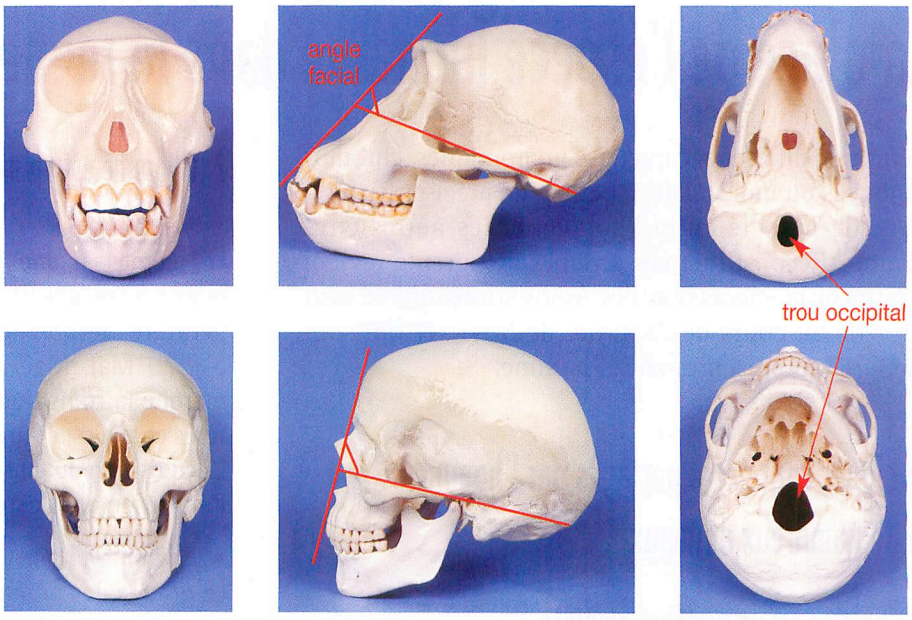
B Des caractères liés au développement du cerveau et de la culture

Chimpanzé

- Poids moyen : 45 kg.
- Volume de l'encéphale : 400 cm³.

Homme

- Poids moyen : 65 kg.
- Volume de l'encéphale : 1 400 cm³.



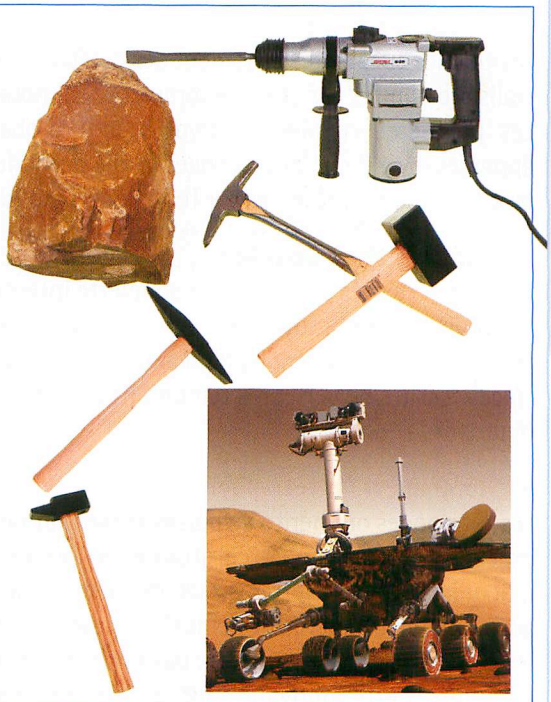
Doc. 2 La boîte crânienne volumineuse est associée à une face réduite et verticale.

Si le chimpanzé et l'homme partagent le « concept » de marteau, les singes en restent, dans le meilleur des cas, à l'utilisation d'une pierre pour fracasser des noix. Au contraire, l'homme ne cesse de perfectionner et diversifier ses inventions : marteaux en tous genres jusqu'à des robots susceptibles d'échantillonner des roches sur une autre planète !

Comme les humains, les chimpanzés savent utiliser des outils et transmettre leurs savoir-faire au sein de leur communauté. Cependant, les cultures humaines se distinguent par d'innombrables objets destinés à satisfaire des besoins très divers, témoignant de leur organisation sociale (parures, vêtement, habitat, etc.) ou de la conscience (statuaire, peintures, sépultures, etc.).

Il est probable que le langage, agissant comme catalyseur de la pensée, ait joué un grand rôle dans cette différence.

> *« L'homme est le seul être qui se soit répandu sur toute la planète ; le seul qui se souvienne de son grand-père ; le seul qui apprend à apprendre ; le seul qui ait inventé le calcul intégral et rêvé de justice ; le seul qui ait mis sur la Terre des choses qui n'existent qu'à cause de lui, le seul qui sache qu'il doit mourir »*
>
> France Quéré, *« L'éthique et la vie »*.



Doc. 3 Les humains se caractérisent par l'invention d'une profusion d'objets, toujours plus sophistiqués.

Pour en savoir plus :
www.bordas-svtlycee.fr/TleS

Pistes d'exploitation

1 **Doc. 1 :** Dressez un tableau comparatif de l'homme et du chimpanzé en rapport avec leur mode de locomotion.

2 **Doc. 1 et 2 :** Comparez les crânes des deux espèces : forme, volume crânien, mâchoire. Quelle relation peut-on faire entre la position du trou occipital et la station habituelle de chacune des deux espèces ?

3 **Doc. 3 :** Quelles facultés signent l'appartenance à la lignée humaine ?

La place de l'espèce humaine dans le règne animal

L'étude de différents caractères anatomiques, chromosomiques ou moléculaires, permet de préciser les relations de parenté entre l'homme et les autres êtres vivants. Reconstituer ces groupes de parenté revient à retracer la succession des innovations qui se sont succédé au cours de l'histoire de la vie et qui sont aujourd'hui présentes chez l'homme.

1 Quelques caractères partagés par l'homme et de nombreux animaux

1. L'homme est un vertébré amniote

Pour les scientifiques, la place de l'homme dans le monde vivant est clairement établie.

• L'homme est un eucaryote

Les cellules eucaryotes possèdent des compartiments spécialisés délimités par une membrane (noyau notamment). Les premières cellules eucaryotes sont probablement apparues il y 1,2 milliard d'années (Ga) à partir de cellules procaryotes déjà présentes sur Terre depuis plus de 2,5 Ga.

• L'homme est un vertébré

Tous les vertébrés possèdent un squelette interne constitué d'un crâne entourant un centre nerveux et de vertèbres se succédant le long d'un axe dorsal. Les premières traces fossiles de vertébrés remontent au cambrien inférieur (vers – 530 Ma).

• L'homme est un tétrapode

Les tétrapodes ont hérité de plusieurs innovations qui ont précédé l'émergence de ce groupe : la présence d'une mâchoire, d'un squelette osseux, de membres avec un os basal unique (humérus ou fémur), de poumons. En outre, les tétrapodes possèdent deux paires de membres munis de doigts. Cette innovation est déjà observée chez des amphibiens nageurs dans les archives fossiles au dévonien supérieur (vers – 390 Ma). Chez les tétrapodes, de tels membres vont permettre de supporter le corps et de se mouvoir sur la terre ferme.

• L'homme est un amniote

À partir du carbonifère inférieur (– 340 Ma), certains vertébrés s'affranchissent totalement du milieu aquatique. En effet, leurs embryons se développent à l'intérieur d'un œuf à coquille dure, dans une poche remplie de liquide et limitée par une membrane, l'amnios.

2. L'homme est un mammifère primate

• L'homme est un mammifère

Les premiers mammifères, vertébrés possédant des glandes mammaires, des poils sur le corps et régulant leur température corporelle, apparaissent au trias supérieur (– 220 Ma). Mais c'est après la crise biologique qui marque la transition crétacé – tertiaire que les mammifères connaissent une grande diversification et expansion. L'acquisition du placenta permettant la gestation est une innovation qui s'est alors imposée au sein de ce groupe.

• L'homme est un primate

Le groupe des primates, apparu il y a 60 Ma, est actuellement représenté essentiellement par des formes arboricoles vivant principalement dans les forêts tropicales et subtropicales.

L'homme et les autres primates partagent un certain nombre de caractères dérivés :
– pouce opposable aux autres doigts, ce qui rend la main ou le pied préhensile ;
– extrémité des doigts riche en terminaisons tactiles et avec des ongles plats ;
– appareil visuel adapté à une excellente perception du relief (grandes orbites à l'avant de la face et cortex visuel développé) ;
– cerveau bien développé (en particulier le cortex).

2 La place de l'homme parmi les primates

1. Les apports des données anatomiques

Les comparaisons anatomiques permettent de regrouper gibbons, orang-outans, gorilles, chimpanzés et hommes dans l'ensemble des **hominoïdes**.

Ils sont caractérisés entre autres par une **absence de queue** (les dernières vertèbres sont soudées pour former un coccyx) et des **narines rapprochées** (séparées par une simple cloison). À l'exception de l'homme, ces espèces présentent des bras plus longs que leurs jambes, ce qui autorise des modes de locomotion très variés : brachiation, grimper, bipédie, quadrupédie avec appui sur les articulations des doigts. Parmi ces hominoïdes, les **gibbons** forment toutefois un groupe très particulier : ils possèdent des caractères anatomiques du squelette et de la musculature de l'épaule uniques, assurant une adaptation très poussée au déplacement par brachiation.

2. Des parentés établies d'après des données chromosomiques

La comparaison des caryotypes des hominoïdes montre de très nombreuses ressemblances, particulièrement pour les orang-outans, les gorilles, les chimpanzés et l'homme que l'on regroupe dans l'ensemble des **hominoïdés**.

Un étude précise montre qu'un nombre réduit de remaniements chromosomiques (soudure de chromosomes, inversion ou translocation de fragments chromosomiques, etc.), permet de passer du caryotype d'une espèce à un autre.

Il est alors possible d'établir une phylogénie en reconstituant les événements chromosomiques qui séparent le caryotype ancestral reconstitué des caryotypes des espèces actuelles qui en sont dérivés.

Une telle étude permet de constituer le groupe des **hominidés** dont le caryotype est très étroitement apparenté. Dans ce groupe se placent les espèces actuelles d'homme, de gorille et de chimpanzé.

3. Des parentés établies d'après des données moléculaires

Pour préciser les relations de parenté au sein des hominidés, on doit recourir à la comparaison de séquences d'ADN ou de polypeptides. Les parentés obtenues à partir de données moléculaires peuvent différer selon la séquence utilisée. Toutefois, les études portant sur un grand nombre d'analyses montrent que le « groupe frère » des hommes est celui des **chimpanzés**.

3 Hommes et chimpanzés ont un ancêtre commun récent

1. Un grand nombre de caractères partagés

• Le partage de caractères génétiques

Les données chromosomiques et moléculaires prouvent que la proximité génétique de l'homme et des chimpanzés est remarquable. Le séquençage complet du génome du chimpanzé a abouti au dénombrement des différences entre l'ADN des deux espèces :

– 35 millions de nucléotides différents, soit 99 % d'identité entre les séquences communes ;

– 90 millions de nucléotides correspondant à des insertions ou des délétions de matériel génétique, c'est-à-dire à de l'ADN en plus ou en moins qui n'a pas d'homologue dans l'autre espèce.

Au total, on admet actuellement que les deux génomes sont identiques à 96 % environ. Ces deux génomes possèdent des caractères dérivés qui leur sont propres et qui témoignent que chacun a évolué depuis la séparation des deux lignées.

• La confection et l'usage d'outils

Parmi les grands singes, les chimpanzés se révèlent particulièrement habiles à confectionner et à utiliser des outils pour capturer des insectes, pour atteindre une réserve d'eau peu accessible, etc.

• L'organisation sociale et les comportements

Comme les hommes, les chimpanzés vivent en communautés hiérarchisées, partagent leur nourriture, s'affrontent entre communautés. Les comportements sociaux varient d'un groupe à l'autre et sont transmis d'une génération à la suivante.

Parmi les chimpanzés, les bonobos (chimpanzés nains) ont des comportements plus proches encore de ceux des humains : outre l'importance remarquable de la sexualité dans leur vie sociale, ils sont volontiers bipèdes lorsqu'ils se déplacent à terre.

2. Un portrait reconstitué de l'ancêtre commun

Si l'homme et les chimpanzés partagent autant de caractères communs, c'est qu'ils ont hérité ces caractères d'un ancêtre commun qui vivait très probablement en Afrique, il y a 7 millions d'années environ.

Cet ancêtre devait posséder l'ensemble des caractères partagés par les hommes et les chimpanzés actuels. En se basant sur ce principe, on peut proposer un portrait-robot de cet ancêtre hypothétique.

De taille moyenne (30 à 40 kilogrammes pour 1 mètre), avec un cerveau relativement développé de 300 à 400 cm^3, il vit dans un milieu arboricole et peut se déplacer sur ses pattes postérieures. Les communautés sont constituées de nombreux adultes mâles et femelles et de leurs enfants. Des rapports hiérarchisés régissent la vie au sein de cette communauté. Cet ancêtre commun peut utiliser des outils et transmettre ses compétences à sa progéniture. Il n'est cependant ni un homme ni un chimpanzé.

4 Les critères d'appartenance à la lignée humaine

On appelle **lignée humaine** l'histoire évolutive qui s'échelonne depuis l'ancêtre commun homme/chimpanzé jusqu'à l'homme moderne (on utilise aussi le terme d'**homininé**s, bien que pour certains scientifiques ce mot désigne tous les descendants du dernier ancêtre commun à l'homme et au chimpanzé).

L'histoire de la lignée humaine, qui couvre de 7 à 8 millions d'années, est jalonnée par de nombreux restes fossiles. En face d'une de ces traces, la question se pose de savoir si elle appartient effectivement à la lignée humaine.

1. Des caractères du squelette spécifiquement humains

• Des caractères liés directement à la bipédie « exclusive »

La marche et la course bipède résultent d'une succession de phases d'appui et de propulsion répétées. Elles nécessitent un équilibre du corps, en particulier au cours de la phase d'appui pendant laquelle il n'y a qu'un seul point en contact avec le sol. L'homme présente de nombreuses aptitudes à la marche et à la course bipède. La **colonne vertébrale** a une forme en S, le **trou occipital** est situé au milieu du crâne positionnant la tête en équilibre au sommet du corps. Les **fémurs** sont convergents, ce qui permet au reste du corps de passer au-dessus des points d'appui pendant la marche. Le **bassin** possède des os iliaques courts et larges qui permettent l'insertion des muscles fessiers puissants, indispensables à la station debout. Le **pied** est adapté à la marche avec un gros orteil propulseur dans l'alignement des autres orteils. Les **os du membre inférieur** sont plus développés que ceux du membre supérieur.

• Des caractères concernant le squelette de la tête

La **région crânienne** est très développée : front haut, volume céphalique important (1 400 cm^3) en relation avec le développement du cerveau. La **face** est plane (réduction du prognathisme, angle facial droit). Les structures osseuses liées à la mastication sont caractéristiques : mâchoires légères de forme parabolique, dents relativement réduites, en particulier les canines.

2. Des caractères révélateurs d'un psychisme humain

Ils sont représentés par des traces extrêmement diverses qui peuvent être repérées lors de fouilles : traces de campement « construits », d'utilisation du feu, outillage, etc. Des traces d'activités beaucoup plus « sophistiquées » comme des outillages élaborés qui supposent une conceptualisation et une technique complexes, des manifestations artistiques ou cultuelles sont caractéristiques du psychisme humain.

3. Comment classer un fossile dans la lignée humaine ?

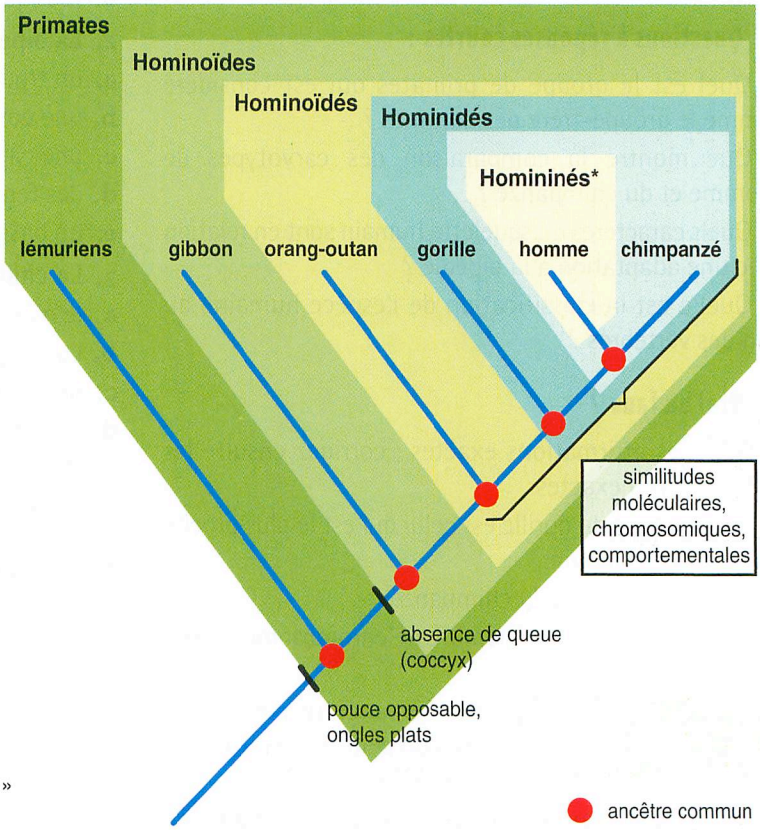
Deux principes simples (dont l'application n'est pas toujours évidente) peuvent être retenus :
– tout fossile présentant au moins un des caractères dérivés anatomiques propres à l'homme actuel appartient à la lignée humaine ;
– toute trace fossile d'une activité culturelle est l'œuvre d'un représentant de la lignée humaine.

L'essentiel

- L'homme est un eucaryote, vertébré, tétrapode, amniote, mammifère, primate.
- Ces caractères sont apparus successivement à différentes périodes de l'histoire de la vie. Dans l'ordre chronologique, apparaissent : la cellule eucaryote (– 1,2 Ga), la vertèbre (– 530 Ma), les membres marcheurs (– 390 Ma), l'amnios (– 340 Ma), la reproduction vivipare (– 220 Ma).
- Parmi les primates, l'homme est proche des grands singes avec lesquels il constitue le groupe des hominoïdes. Dans cet ensemble, l'homme, les chimpanzés et gorilles forment le groupe des hominidés qui possèdent des caractères anatomiques et chromosomiques très proches.
- Le groupe frère des hommes est celui des chimpanzés : c'est avec ce groupe que l'homme partage l'ancêtre commun le plus récent, la divergence des deux lignées s'étant sans doute réalisée, il y a 7 à 8 Ma.
- Les critères d'appartenance à la lignée humaine sont d'une part les caractères anatomiques liés à la station bipède, au développement du volume crânien (et du cerveau), à la régression de la face et de l'appareil masticateur, d'autre part les manifestations d'une activité culturelle.
- On admet que tout fossile présentant au moins un de ces caractères dérivés appartient à la lignée humaine.

La place de l'espèce humaine

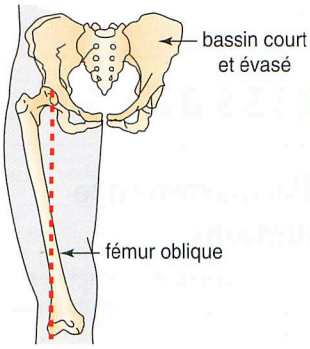
L'homme est :
- **un eucaryote** (cellules compartimentées)
- **un vertébré** (squelette interne)
- **un tétrapode** (4 membres à 3 segments, terminés par des doigts)
- **un amniote** (embryon se développant dans le liquide amniotique)
- **un mammifère** (allaitement)
- **un primate**



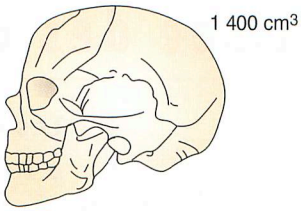
* pour certains scientifiques, le terme « homininés » regroupe lignée humaine et chimpanzés

Les critères d'appartenance à la lignée humaine

- **Des caractères liés à une bipédie permanente**



- **Des caractères crâniens :**
  - volume cérébral important,
  - face droite



- **Des manifestations d'une pensée réfléchie :**
  - confection d'outils prédestinés,
  - activité culturelle, artistique

Tester ses connaissances

A. Définissez les mots ou expressions.

Primates, homininé, réarrangement chromosomique, lignée humaine, angle facial, trou occipital, bipédie, capacité crânienne.

B. Questions à réponses courtes :

a. Quel est le groupe de primates qui est considéré comme le groupe-frère des hommes ?

b. Que montre la comparaison des caryotypes de l'homme et du chimpanzé ?

c. Quels caractères du squelette humain sont en relation avec une adaptation à la bipédie ?

d. Quelle est la classification de l'espèce humaine au sein des vertébrés ?

C. Vrai ou faux ?

Repérez les affirmations exactes ; corrigez ensuite les affirmations inexactes.

a. Le caryotype du gorille est celui qui est le plus proche du caryotype humain.

b. L'homme descend du chimpanzé.

c. L'homme possède un nombre de chromosomes supérieur à celui du bonobo.

d. On ne connaît pas le dernier ancêtre commun à l'homme et au chimpanzé, mais on peut reconstituer ses caractéristiques avec une bonne précision.

e. Les critères d'appartenance à la lignée humaine ne sont pas seulement anatomiques.

f. Le gorille est plus proche du chimpanzé que de l'homme.

D. Questions à choix multiples.

Chaque série d'affirmations peut comporter une ou plusieurs réponses exactes. Repérez les affirmations exactes, corrigez les autres.

1. Un primate :

a. est un mammifère ;

b. possède une queue ;

c. possède un pouce opposable ;

d. fabrique, utilise et transmet l'utilisation d'outils.

2. La bipédie est facilitée par :

a. un trou occipital basal ;

b. une colonne vertébrale à une courbure ;

c. une capacité crânienne supérieure à 400 cm^3 ;

d. des fémurs parallèles entre eux ;

e. un bassin court.

3. Le chimpanzé et l'homme ont en commun :

a. le même nombre de chromosomes ;

b. l'utilisation d'outils ;

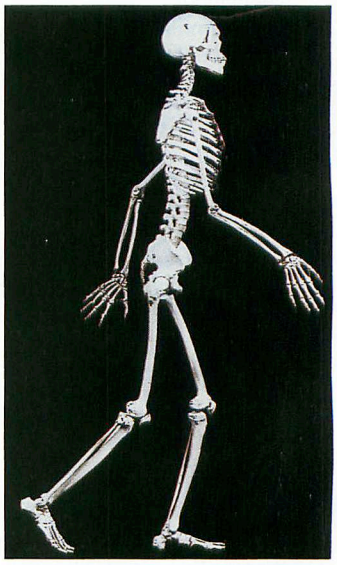
c. une face projetée vers l'avant ;

d. la présence d'un pouce opposable sur le membre antérieur uniquement ;

e. une mâchoire en forme de U.

E. Exploiter une image.

Retrouver sur cette photographie quelques caractères propres à l'espèce humaine.



Restitution organisée des connaissances

BAC

A Homme et chimpanzé

L'espèce actuelle la plus proche de l'espèce humaine est le chimpanzé. Présentez les critères qui permettent de rapprocher ces deux espèces. Déterminez les caractéristiques de leur dernier ancêtre commun.

B Les critères d'appartenance à la lignée humaine

Présentez, en justifiant votre réponse, les caractères qui permettent de classer une espèce dans la lignée humaine.

Pratique du raisonnement scientifique

BAC

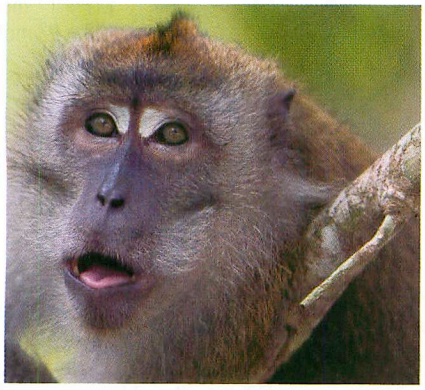
1 Un arbre phylogénétique de quelques primates

Exploitation de documents en relation avec les connaissances

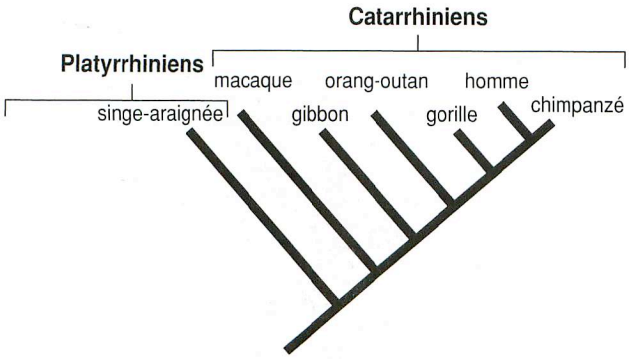
Pour établir une phylogénie chez les primates, il faut prendre en compte des caractères de différentes natures : morphologiques et anatomiques, données moléculaires, comparaison des caryotypes.

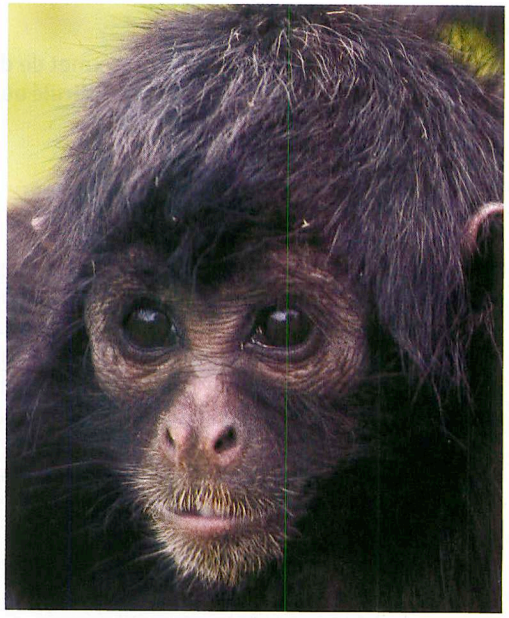
Question

En exploitant les différentes données présentées par ces documents, justifiez l'arbre phylogénétique établi.



Macaque à longue queue.





Singe araignée.

Document 1 : Comparaison des caryotypes : nombre et type de remaniements chromosomiques supposés par rapport à l'ancêtre commun.

Ancêtre supposé	2n = 42
Gibbon	2n = 38 à 52 (suivant les espèces) Nombreuses modifications
Orang-outan	2n = 48 3 fissions* + 4 inversions
Gorille	2n = 48 3 fissions + 4 inversions
Chimpanzé	2n = 48 3 fissions + 4 inversions
Homme	2n = 46 3 fissions + 1 fusion + 3 inversions

(* fission = cassure d'un chromosome en deux)

Document 2 : Comparaison de caractères morphologiques et anatomiques.

	Narines	Queue
Chimpanzé	rapprochées	absente
Gibbon	rapprochées	absente
Gorille	rapprochées	absente
Homme	rapprochées	absente
Macaque	rapprochées	présente
Orang-outan	rapprochées	absente
Singe-araignée	écartées	présente

Document 3 : Comparaison des séquences nucléotidiques d'un gène codant pour une enzyme, la NAD déshydrogénase (résultats exprimés en % de similitudes).

	Chimpanzé	Gorille	Homme	Orang-outan
Chimpanzé	0	87,8 %	89 %	76,4 %
Gorille		0	86,5 %	74,7 %
Homme			0	75,5 %
Orang-outan				0

2 Les caractères morphologiques et anatomiques liés au langage articulé

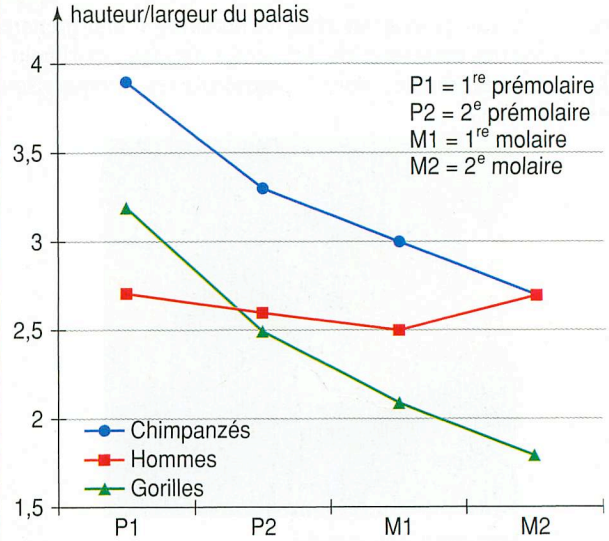
Recherche d'informations utiles à la résolution d'un problème scientifique

Le langage articulé permet une communication élaborée entre les hommes et facilite leur coopération pour la réalisation de tâches complexes. La capacité à articuler des sons et à les exploiter pour construire un langage est une faculté propre à l'espèce humaine. Les autres primates actuels utilisent d'autres systèmes de communication (cris et mimiques).

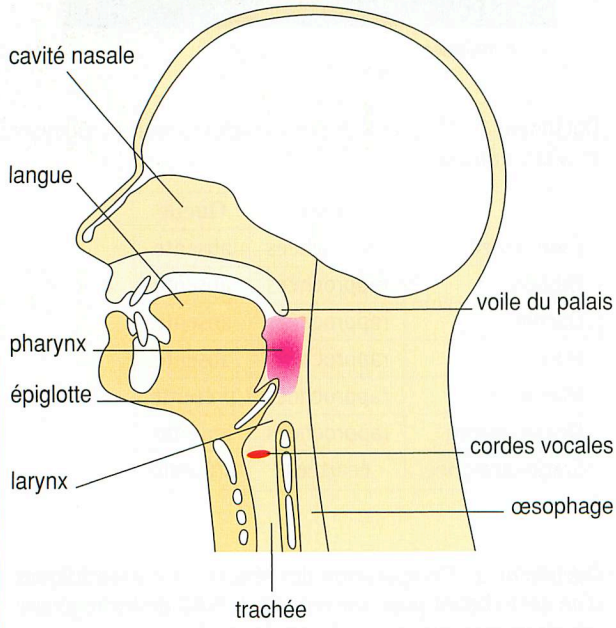
Question

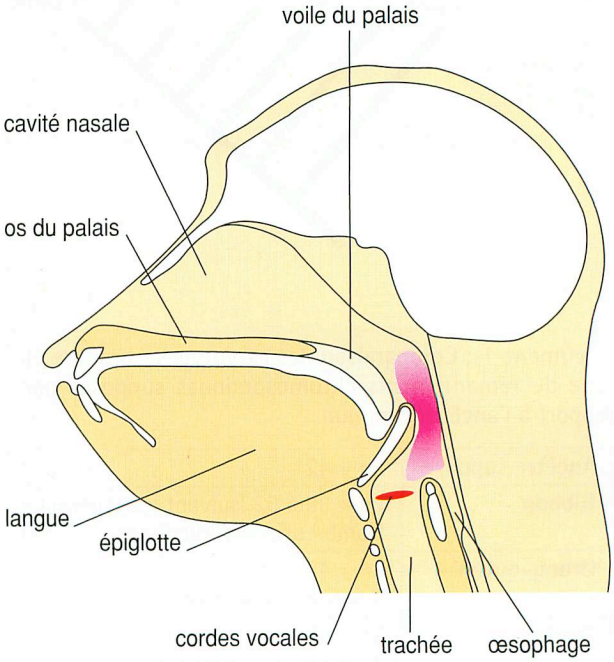
Montrez que l'étude de caractères crâniens permet de déterminer si une espèce est capable d'un langage articulé ou non.

Document 1 : Rapport entre la largeur et la hauteur du palais au niveau de chaque dent.



Chez l'homme, le larynx est en position basse sous la mâchoire, ce qui aménage une cavité laryngée communiquant avec la cavité buccale. Le palais a une forme courte et arrondie et la langue n'occupe pas tout l'espace de la cavité buccale. Le voile du palais peut empêcher le passage de l'air vers la cavité nasale.
La capacité de moduler le volume des cavités buccales et laryngées est nécessaire à l'articulation et à la stabilité des sons.





Document 2 : Anatomie comparée du larynx chez l'homme et chez le chimpanzé.

chapitre 2

Le caractère buissonnant de la lignée humaine

L'ancêtre commun que nous partageons avec les chimpanzés devait vivre, il y a 5 à 7 Ma, en Afrique. Pour imaginer comment, à partir de cet ancêtre commun, s'est individualisée une lignée conduisant à l'homme actuel, il faut trouver des fossiles de cette lignée, les dater, chercher leurs liens de parentés et déterminer leur environnement. Ainsi, nous pourrons comprendre comment a pu se dérouler la formidable odyssée de notre espèce.

Au gré de migrations successives, l'homme moderne a peu à peu conquis l'ensemble du globe.

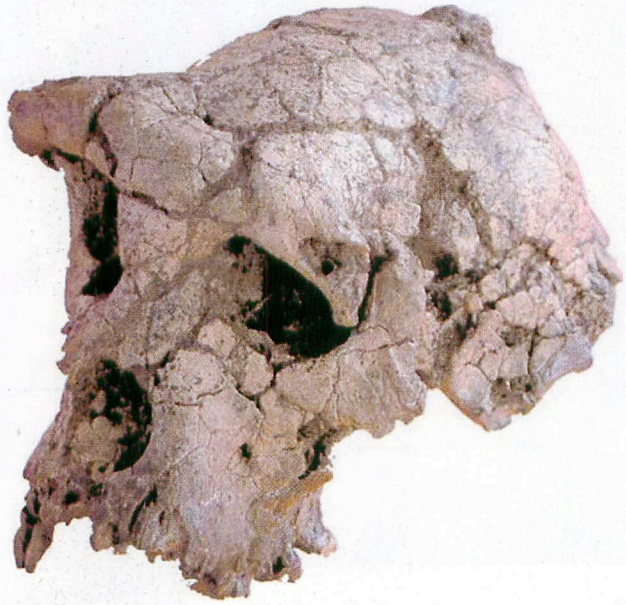
Activités pratiques 1

Les plus anciens fossiles attribués à notre lignée

De nombreux fossiles ont été retrouvés et placés dans la lignée humaine. Les plus anciens d'entre eux ont été découverts par deux équipes françaises au début des années 2000.

• Quels sont les plus anciens membres de notre famille ? Que nous apprennent-ils sur nos origines ?

A Toumaï, le plus vieil homininé (Tchad, – 7 Ma)



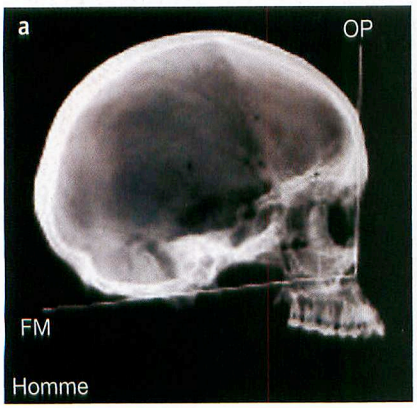
• **Toumaï, « espoir de vie »**, est le nom donné par le Président tchadien au fossile découvert par l'équipe du paléontologue Michel Brunet.

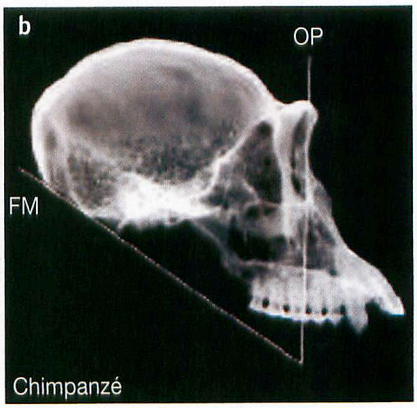
• De 2001 à 2002, autour de ce crâne presque complet, la mission paléontologique franco-tchadienne a aussi trouvé cinq fragments de mâchoire et quelques dents ayant pu appartenir à neuf individus différents.

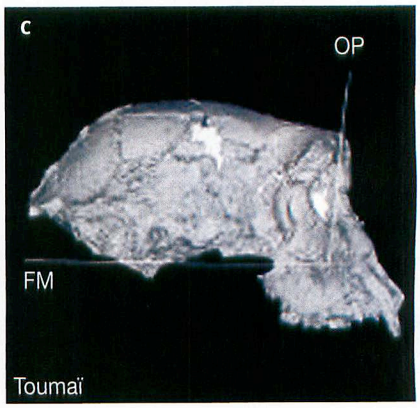
• Ces restes fossiles ont été datés autour de – 7 Ma (voir page 170), ce qui fait de Toumaï le plus ancien membre de la lignée humaine connu à ce jour.

• Toumaï présente une mosaïque de caractères primitifs et dérivés : son volume crânien est de 360 cm^3, il possède un fort bourrelet sus-orbitaire et une crête osseuse à l'arrière du crâne. Cependant, contrairement aux grands singes actuels, ses canines ont un émail épais avec des couronnes réduites, sans crêtes aiguisoirs. Son angle facial est plus important que celui des gorilles ou des chimpanzés et sa mâchoire est bien moins projetée vers l'avant.

Doc. 1 Le crâne de Toumaï, *Sahelanthropus tchadensis*, découvert en 2001 au Tchad, dans le désert du Djourab.







Le crâne de Toumaï a été déformé par la fossilisation. Néanmoins, il a été possible de reconstituer par ordinateur sa physionomie avant la déformation et mettre ainsi en évidence deux indices en faveur d'une bipédie :

– le **trou occipital** (foramen magnum ou FM) est en position plus avancée que chez le chimpanzé ;

– l'angle que forme le trou occipital avec le plan des orbites est un deuxième indice (plus cet angle est proche de 90°, plus le crâne peut être en équilibre au sommet de la colonne vertébrale).

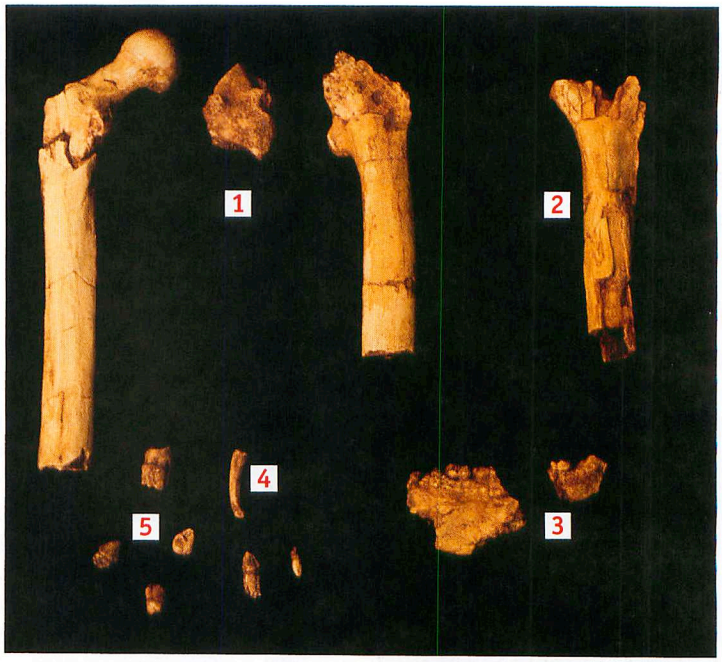
Pour Michel Brunet, *« la probabilité que Toumaï ait été bipède est plus forte que celle qu'il ne l'ait pas été »*.

Doc. 2 Des signes d'une bipédie plus affirmée que celle des grands singes.

B Orrorin, l'ancêtre du millénaire (Kenya, – 6 Ma)

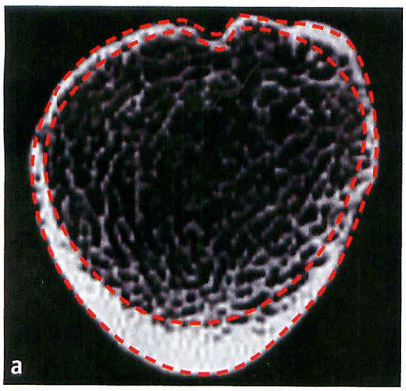
Orrorin est le nom attribué aux restes fossiles découverts par une équipe du Muséum National d'Histoire Naturelle, au Kenya, en l'an 2000.

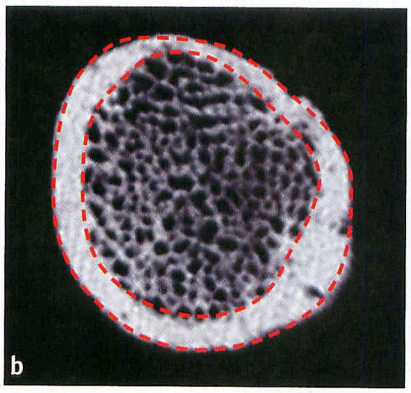
Ces restes très incomplets, appartenant sans doute à cinq individus différents montrent qu'Orrorin devait être bipède la plupart du temps. Cependant, la longueur de son humérus et de ses phalanges semble indiquer qu'il avait aussi une très bonne aptitude à la vie arboricole.

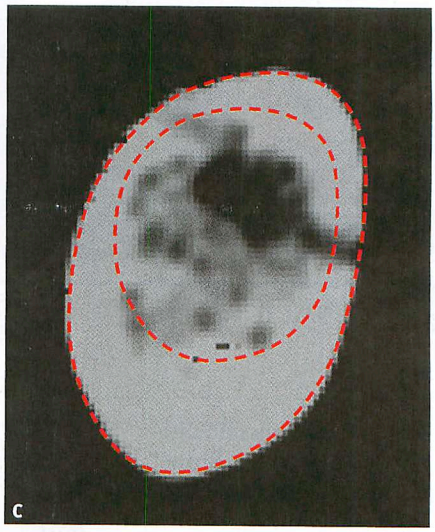


1. Fémurs (trois fragments) ; 2. Humérus ; 3. Mandibule (deux fragments) ; 4. Une phalange ; 5. Six dents.

Doc. 3 *Orrorin tugenensis*, découverte de B. Senut et M. Pickford dans les collines de Tugen, au Kenya.







Pour faire face aux contraintes mécaniques de la marche bipède, la partie inférieure du col du fémur chez l'homme présente un épaississement important. En revanche, le tissu osseux est mince dans la partie supérieure, moins sollicitée mécaniquement.

Doc. 4 Coupes transversales du col du fémur (a- homme actuel ; b- chimpanzé ; c- Orrorin).

Pistes d'exploitation

1 **Doc. 1 et 2 :** Quels arguments utilise-t-on pour placer Toumaï dans la lignée humaine ?

2 **Doc. 3 :** Pourquoi peut-on dire qu'Orrorin devait être un bon grimpeur ?

3 **Doc. 3 et 4 :** Quels ossements indiquent clairement une bonne aptitude à la bipédie chez d'Orrorin ? Expliquez pourquoi.

4 **Bilan :** Pourquoi peut-on dire que les plus anciens homininé sont « des mosaïques » de caractères ?

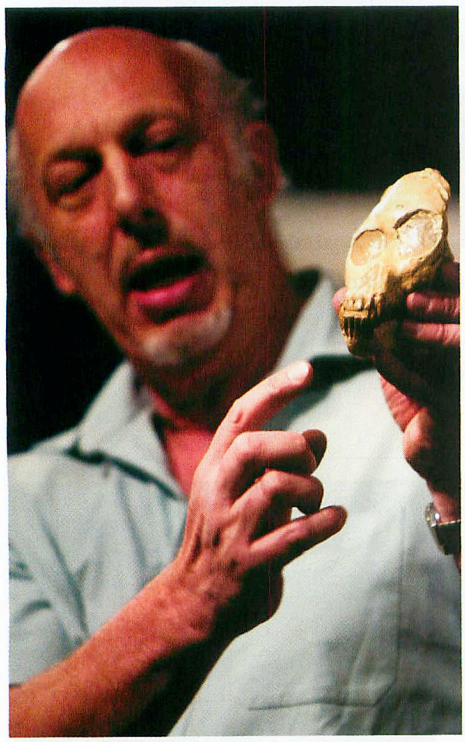
Activités pratiques 2

Un groupe diversifié : les australopithèques

Tout le monde connaît « Lucy » : elle appartient au groupe des « australopithèques », des formes fossiles datées entre – 4,2 et – 1 Ma. Même s'ils ne sont pas considérés comme des hommes, les australopithèques font néanmoins partie de la famille des homininés.

• Quels critères utilise-t-on pour placer les australopithèques dans la lignée humaine ?

A Trois célèbres australopithèques

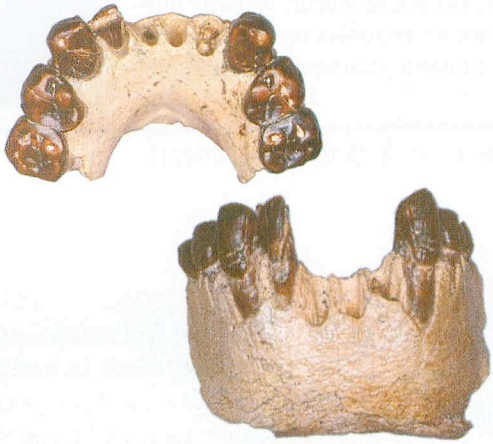


Le « crâne de l'enfant de Taung » est un fossile découvert en 1925, en Afrique du Sud. Les caractères de cet *Australopithecus africanus* (le « singe d'Afrique australe ») sont surprenants : le volume du cerveau est en effet de 450 cm^3, la face est projetée vers l'avant mais le trou occipital est en position avancée. L'arcade dentaire est parabolique, les incisives et les canines sont petites et les prémolaires ressemblent aux molaires.

Les chercheurs en déduisent que ce fossile doit être un « ancêtre » de la lignée humaine. Cette trouvaille sera suivie de nombreuses autres découvertes qui permettront peu à peu de faire grandir le groupe des « australopithèques ».

Doc. 1 La première découverte : l'enfant de Taung (– 2,5 Ma).

En 1995, une mission dirigée par Michel Brunet découvre cette mandibule en plein cœur du désert tchadien. Elle présente des caractères primitifs, les prémolaires ont par exemple trois racines (il y en a une ou deux chez l'homme, deux chez l'enfant de Taung et Lucy), mais aussi de nombreux caractères dérivés. Elle est pour cela attribuée à une nouvelle espèce *Australopithecus barhelghazali*.



Doc. 2 Abel, le cousin de l'ouest de Lucy (– 3 à – 3,5 Ma).

Découverts en 1974 en Éthiopie dans la région des Afars (Afrique de l'Est), ces 52 ossements ont permis de reconstituer 40 % d'un squelette attribué à une femelle de l'espèce *Australopithecus afarensis*.

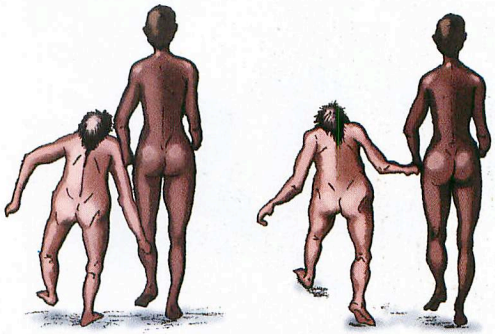
Doc. 3 Lucy (– 3,2 Ma).

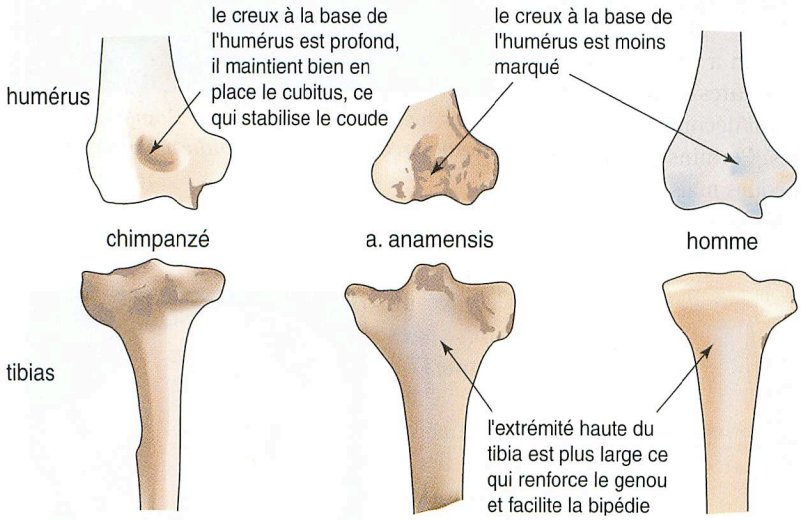
B Les australopithèques, des bipèdes aux marges des forêts africaines

Ces empreintes ont été découvertes en 1979 à Laetoli (Tanzanie). Dans des cendres volcaniques consolidées, datées à – 3,7 Ma, on distingue sur une distance de 25 mètres, des traces laissées par **trois australopithèques**.

Ces célèbres pas confirment ce qu'indique la comparaison des ossements fossiles avec l'homme d'une part et les grands singes actuels d'autre part : les australopithèques devaient se déplacer systématiquement d'une manière bipède.

Cependant, une étude précise des articulations (hanche, genou) suggère que la démarche de Lucy devait être différente de la nôtre. On pense qu'elle devait marcher d'**une manière « chaloupée »**, en balançant beaucoup les bras et en roulant les hanches comme le montre le dessin ci-dessous. Elle devait marcher debout mais ne pouvait certainement pas courir.





Australopithecus anamensis est l'un des plus vieux australopithèques (– 4,2 Ma). Pourtant, son fémur et son tibia, témoignent d'un genou très stable. Au contraire, son humérus révèle une instabilité dans le coude, incompatible avec une démarche quadrupède. Il semble donc que cette forme bien que très ancienne ait une bipédie bien plus affirmée et beaucoup plus proche de la nôtre que celle de Lucy et des autres australopithèques pourtant plus récents.

Doc. 4 Des traces très anciennes de bipédie.

Pistes d'exploitation

1 **Doc. 1, 2 et 3** : Recherchez des arguments pour justifier le rattachement des australopithèques à la lignée humaine. Utilisez les pages 42 et 43 pour établir des comparaisons.

2 **Doc. 1, 2 et 3** : En quoi le groupe des australopithèques est-il très diversifié ?

3 **Doc. 4** : Que peut-on dire de la bipédie des australopithèques ? Certains scientifiques pensent que les australopithèques forment un groupe qui se serait séparé très tôt du rameau humain, expliquez pourquoi à la lumière de l'étude d'*A. anamensis*.

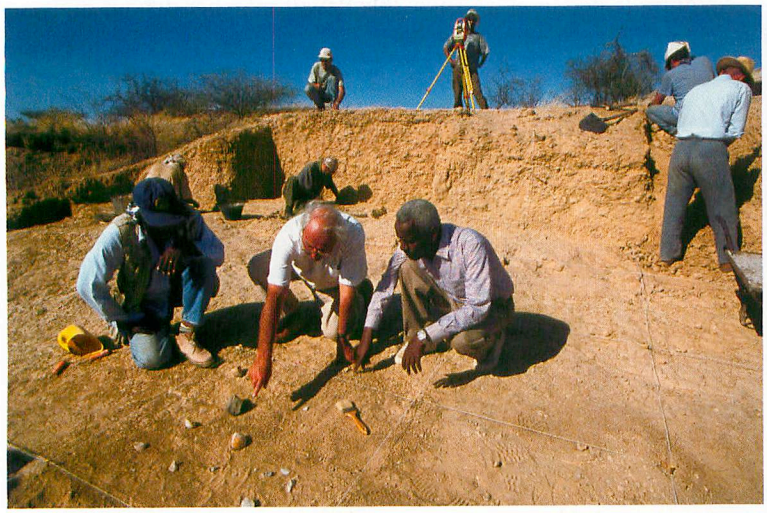
Activités pratiques 3

Les premiers hommes

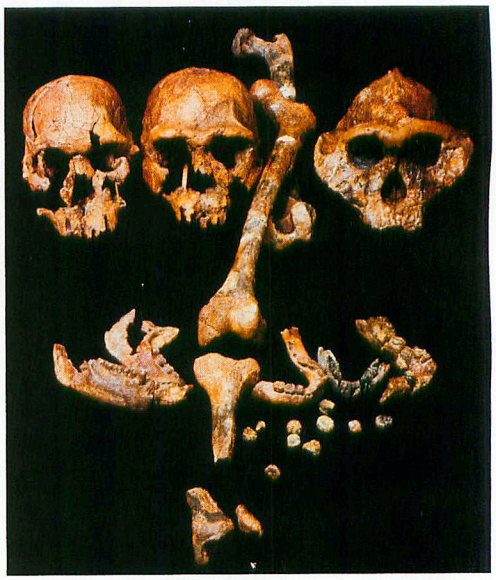
Entre – 3 et – 2,5 Ma, le climat de la planète est considérablement modifié : une longue sécheresse s'impose en Afrique, ce qui modifie durablement les paysages et les écosystèmes. Les australopithèques vont peu à peu disparaître pour laisser place au genre Homo.

• Quels vont être ces premiers hommes ?

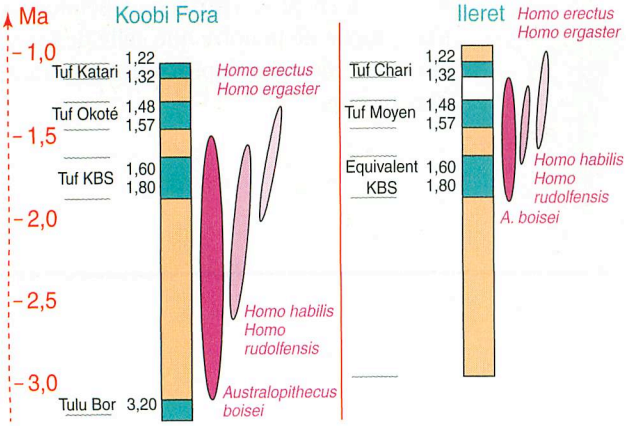
A Une grande diversité d'homininés entre – 3 et – 1,5 millions d'années



C'est en Afrique de l'Est (Kenya, Tanzanie) que l'on a mis au jour les plus nombreux fossiles d'homininés. Dans les strates sédimentaires comprises entre – 3 et –1,5 Ma, les scientifiques ont découvert de nombreux restes aux caractéristiques très différentes. Certains fossiles ont été placés dans le grand groupe des australopithèques mais d'autres ont reçu le nom de « Homo » : ce sont les premiers hommes.



Trois fossiles contemporains : *Homo habilis, Homo erectus* et *Australopithecus boisei.*



Koobi Fora et Ileret sont deux célèbres sites fossilifères d'Afrique de l'Est particulièrement bien datés grâce à différents niveaux de cendres volcaniques (tufs). Le document ci-dessus présente les niveaux dans lesquels différents homininés ont été retrouvés.

C'est dans les niveaux sédimentaires âgés de – 2,5 Ma que l'on a retrouvé les premiers outils en pierre taillée. Il s'agit d'outils assez frustes, façonnés à partir de blocs de quartz, de lave ou de silex. Ce sont des galets aménagés sur une face (choppers) ou deux (chopping tools) par percussion avec une autre pierre et enlèvement d'éclats tranchants. Ces outils permettaient de briser des os et les éclats de couper les chairs. Ils ont été façonnés par les homininés de l'époque, mais il est bien difficile de dire lesquels.

Doc. 1 Avec les derniers australopithèques, les premiers fossiles attribués au genre humain.

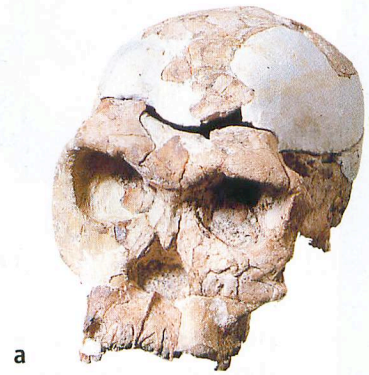
B Les premiers fossiles appartenant au genre Homo

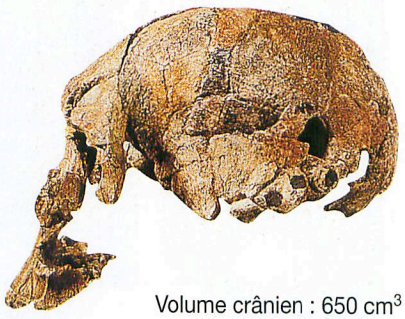
C'est à partir de ces restes fossiles, qu'en 1964, Louis Leakey décrit le fossile qui pour la première fois va être attribué au genre humain. Il base principalement ses conclusions sur l'important **volume cérébral** que semble posséder le fossile (au moins 600 cm^3), bien plus grand que les australopithèques découverts jusqu'alors (450-500 cm^3), et sur la **largeur des phalanges** qui est proche de celle d'Homo sapiens.

Pour Leakey, ce fossile au gros cerveau et aux mains agiles, doit être le créateur des premiers galets aménagés. Il va donc le nommer Homo habilis, l'homme habile. Cette découverte retentissante marque les esprits et fait d'habilis, pour de longues années, « l'ancêtre » de l'humanité. Cependant, la réalité est sans doute plus complexe.

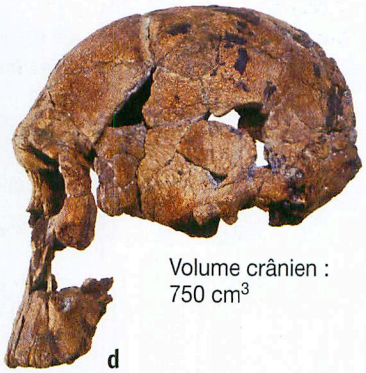
Doc. 2 Homo habilis, le premier représentant du genre Homo.

- Au cours des années 1960-1970, de nombreux fossiles attribués à Homo habilis ont été découverts en Afrique de l'Est mais aussi en Afrique du Sud. Ils confirment l'importance de son volume crânien et la réduction de sa face par rapport à celle des australopithèques. Ils montrent aussi que cette espèce devait avoir une bonne aptitude à la bipédie, qui ne devait toutefois pas être parfaite.
- L'analyse précise des fossiles a conduit les chercheurs à distinguer deux espèces parmi les restes retrouvés en Afrique de l'Est : Homo habilis et Homo rudolfensis (l'homme du lac Rodolphe, renommé de nos jours lac de Turkana). Si ce dernier a une face très robuste, très éloignée de celle des hommes, il possède une bipédie mieux affirmée qu'habilis.





Volume crânien : 650 cm^3



Volume crânien : 750 cm^3

Crânes (face et profil) :
a et b : Homo habilis ;
c et d : Homo rudolfensis.

Doc. 3 Homo habilis et homo rudolfensis, deux représentants des premiers hommes qui ont cohabité en Afrique.

Pistes d'exploitation

1 **Doc. 1 :** Que montrent les fossiles retrouvés en Afrique de l'Est à cette époque ? Pourquoi est-il difficile de savoir qui a fabriqué les premiers outils en pierre taillée ?

2 **Doc. 2 et 3 :** Comment fait-on la distinction entre le genre Homo et le genre Australopithecus ? Comparez habilis et rudolfensis et discutez du titre « d'ancêtre » donné à habilis. Montrez que Homo habilis et Homo rudolfensis sont deux espèces sœurs qui partagent un ancêtre qui n'est pas partagé avec les australopithèques.

Activités pratiques 4

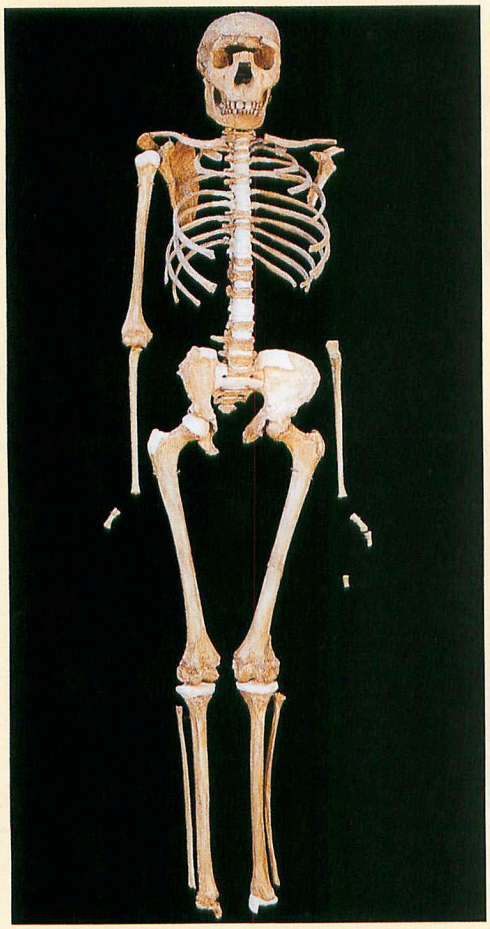
La sortie du berceau africain

De nombreuses découvertes d'homininés anciens ont été réalisées en Europe ou en Asie, mais aucun n'est plus vieux que 1,8 Ma. On pense donc que c'est à partir de cette date que des hommes nouveaux ont quitté le berceau africain.

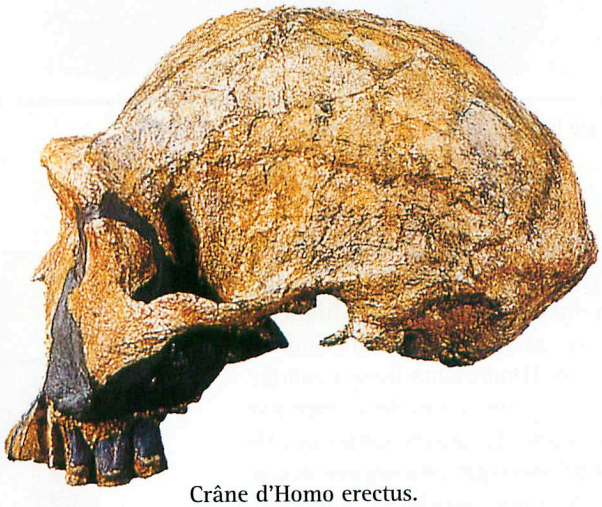
• Quels sont ces hommes nouveaux ? Que sait-on de leur dispersion ?

A Des hommes au squelette adapté aux longues marches

Le jeune adolescent du lac Turkana (– 1,8 Ma) est le squelette le plus complet et le mieux conservé d'une espèce d'homme que les scientifiques appellent Homo ergaster (– 2 Ma à – 1 Ma).

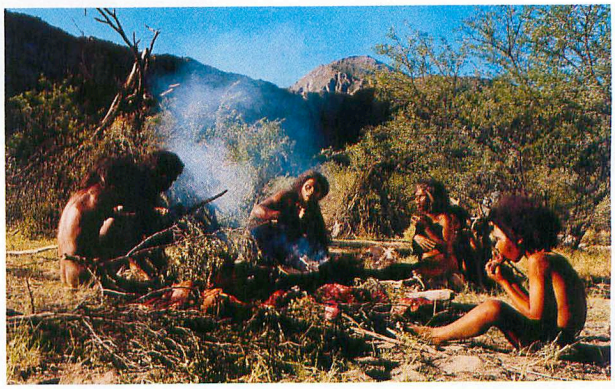


Il mesure 1,6 m mais aurait atteint probablement 1,8 m à l'âge adulte. Il possède un corps de coureur, avec ses longues jambes et son bassin court et étroit. Il est capable de marcher sur de longues distances, le corps parfaitement dressé.



Crâne d'Homo erectus.

On regroupe dans l'espèce Homo erectus, une multitude de fossiles datés entre – 1,8 Ma et – 150 000 ans. Ils se caractérisent par :
- une bipédie parfaite, comme chez Homo ergaster ;
- une augmentation du volume crânien (de 800 cm^3 chez les plus anciens à 1 200 cm^3 chez les plus récents) ;
- une réduction marquée de la face et un angle facial se rapprochant de plus en plus d'un angle droit ;
- une réduction de l'appareil masticateur ;
- une présence des aires cérébrales du langage attestée par les moulages endocrâniens.



On attribue à Homo erectus, la maîtrise du feu, les plus anciens foyers ayant été retrouvés au Proche-Orient et datés à – 800 000 ans.

Doc. 1 Homo ergaster et Homo erectus, des hommes nouveaux parfaitement bipèdes.

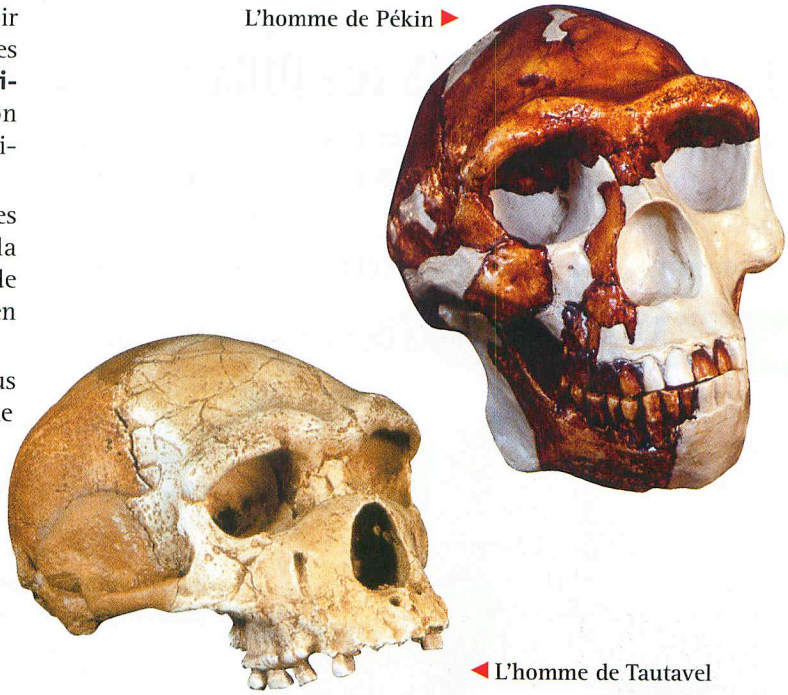
B La colonisation de l'Eurasie par les hommes nouveaux

De nombreux restes de squelettes ou d'outils (voir document 3) ont permis de suivre à la trace les **migrations des premiers hommes sortis d'Afrique**. Ainsi, c'est à Dmanisi en Géorgie, que l'on trouve le plus ancien fossile d'homininé non africain : il est daté à – 1,8 Ma.

Cent mille ans plus tard, on trouve des traces d'Homo erectus en Chine et à Java (îles de la Sonde) : il suffit en effet d'un déplacement de 20 km par génération pour parcourir 8 000 km en 100 000 ans.

En Europe, la colonisation humaine semble plus récente car, pour le moment, la présence humaine incontestable la plus ancienne est connue au nord de l'Espagne à – 800 000 ans.

Le plus vieil homininé sur le territoire français est l'homme de Tautavel (Pyrénées-Orientales) : il est daté à – 450 000 ans.



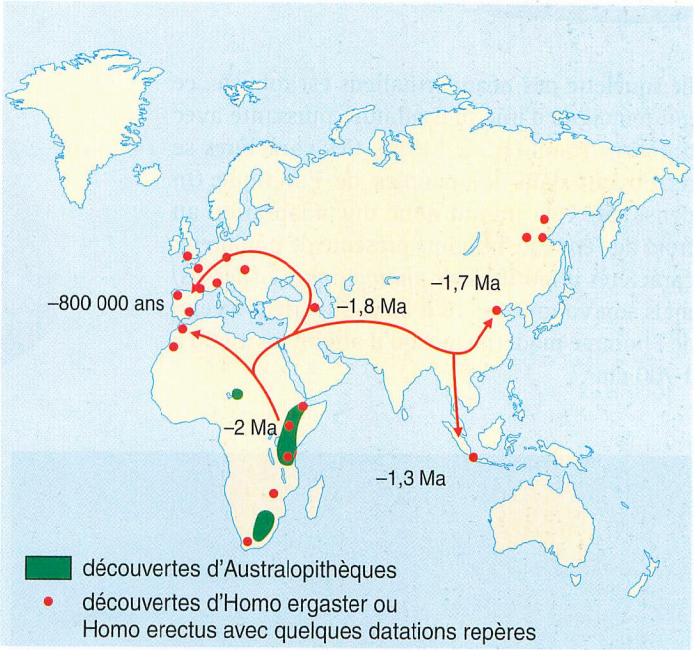
L'homme de Pékin ▶

◀ L'homme de Tautavel

Doc. 2 De la France à la Chine en moins de 100 000 ans.

Le **biface**, pierre en forme d'amande taillée sur les deux faces, est l'outil caractéristique des Homo erectus. Connu en Afrique dès – 1,6 Ma, il fait son apparition au Proche-Orient vers – 1,4 Ma et en Europe vers – 600 000 ans.

Il n'est observé en Chine que vers – 800 000 ans, les Homo erectus d'Asie ayant continué à utiliser les galets aménagés et les simples éclats pendant près d'un million d'années contrairement à leurs cousins d'Europe et du Proche-Orient.



Doc. 3 Les hommes nouveaux se dispersent peu à peu au gré de longues migrations.

Pistes d'exploitation

1 **Doc. 1 et 2 :** Comparez les caractéristiques des hommes nouveaux à celles des premiers hommes.

2 **Doc. 3 :** Résumez les étapes de l'extension géographique des hommes nouveaux. Comment expliquer la particularité de l'outillage des Homo erectus asiatiques ?

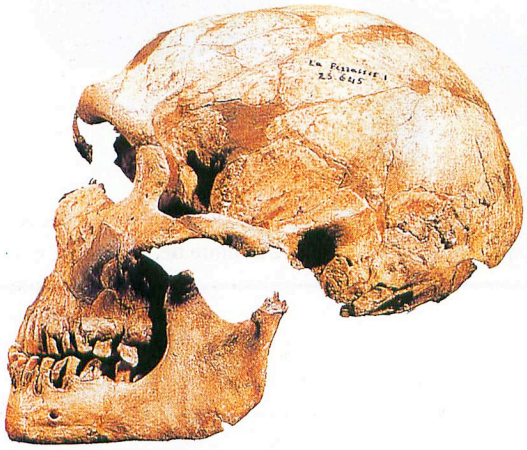
Activités pratiques 5

Les représentants les plus récents de notre lignée

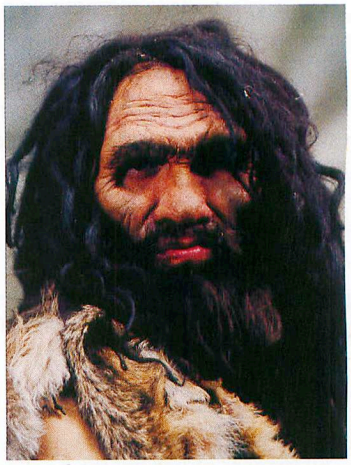
Il y a un million d'années, le déclin des homininés s'annonce, les australopithèques disparaissent puis vient le tour des Homo erectus. Peu à peu ne subsistent que deux espèces au sein de notre famille autrefois si diversifiée.

- Quels sont les derniers représentants de la famille des homininés ?

A Neandertal, l'homme de la dernière grande glaciation



L'**homme de Neandertal** est un homininé fossile que l'on a trouvé uniquement en Eurasie dans des terrains datés entre – 300 000 ans et – 30 000 ans. Il a développé des caractères morphologiques particuliers, isolé du reste du monde par les grandes glaciations qui ont marqué sa période.



Reconstitution de l'homme de Neandertal (film « L'odyssée de l'espèce »).

Le squelette des néanderthaliens est robuste, ce qui témoigne d'une musculature puissante avec un corps trapu (1,5 à 1,7 m). Ces caractères se retrouvent dans les peuples de l'arctique. On pense que cela traduit donc une adaptation au froid de l'époque. Le crâne présente de nombreux caractères primitifs *(voir photographie ci-dessus)* mais son volume est 15 à 20 % supérieur à celui de l'homme moderne puisqu'il atteint les 1 600 à 1 700 cm^3.

Les néandertaliens façonnent des bifaces très finement taillés, mais travaillent aussi les éclats pour en faire des racloirs ou des pointes. Les plus récents d'entre eux travaillent l'os et l'ivoire pour réaliser des parures.

L'étude des sites où vécurent des néandertaliens montre que ce peuple nomade était mangeur de viande. Ils entretenaient des feux, portaient des vêtements en peaux de bêtes et pratiquaient des rites funéraires. Des sépultures individuelles ou collectives, parfois recouvertes d'un lit de pierre ou d'ocre rouge, avec diverses offrandes (silex taillés, mandibule de porc, corne de chèvre par exemple) ont en effet été retrouvées. Elles montrent l'existence d'une **évolution spirituelle** importante. Les néandertaliens, tout comme Homo sapiens à la même époque, avaient la conscience de leur propre existence mais aussi de l'existence des autres, conscience de la vie et de sa fragilité.

Doc. 1 Homo neandertalensis, une autre forme récente d'humanité.

B Cro-Magnon, l'homme moderne

Les outils de l'homme moderne sont très diversifiés. Il utilise le silex mais aussi les bois d'animaux, l'os et l'ivoire. Il taille très finement les éclats jusqu'à réaliser des harpons, des pointes très aiguisées, des hameçons, des aiguilles. Il fabrique des armes de jet avec propulseur.

L'**homme de Cro-Magnon** est le représentant fossile de l'espèce Homo sapiens (« homme sage »). Il s'agit de notre espèce que l'on qualifie d'**homme moderne**. Elle est connue depuis près de 200 000 ans en Afrique mais n'apparaît en Europe que vers – 43 000 ans. Sapiens et Neandertal ont donc cohabité pendant plus de 10 000 ans.

Des analyses génétiques ont montré que Sapiens et Neandertal formaient deux espèces différentes dont la divergence remonterait à – 400 000 ans. Morphologiquement, l'homme de Cro-Magnon est en tout point semblable à l'homme actuel, son volume cérébral est en moyenne de 1 500 cm^3 et sa taille est de 1,7 m. Sapiens est le dernier des homininés.

Doc. 2 Homo sapiens, le rescapé de la grande famille des homininés.

Les peintures rupestres (peintures réalisées sur les roches) marquent nos esprits et symbolisent nos origines. Homo sapiens est en effet le seul a avoir laissé de telles traces de son passage. L'art pariétal apparaît il y a 35 000 ans, atteint son apogée à l'époque de la grotte de Lascaux, il y a 17 000 ans. Des millions de peintures ont ainsi été réalisées dans près de 170 000 sites répartis sur 160 pays. La signification de ces peintures nous échappe. Souvent situées dans des grottes profondes, obscures, ont-elles été utilisées pour des rites chamaniques ? Le mystère reste encore aujourd'hui entier, ceci d'autant plus que les peintures les plus anciennes sont parmi les plus sophistiquées.

Doc. 3 Homo sapiens et les premières traces d'activité culturelle.

Pour en savoir plus :
www.bordas-svtlycee.fr/TleS

Pistes d'exploitation

1. **Doc. 1 :** Quels caractères primitifs pouvez-vous distinguer sur le crâne de l'homme de Neandertal ? Quels caractères particuliers a-t-il développés ?
2. **Doc. 2 et 3 :** En quoi l'homme moderne se différencie-t-il de l'homme de Neandertal ?
3. **Doc. 3 :** Recherchez d'autres exemples de pratiques culturelles de l'homme de Cro-Magnon.

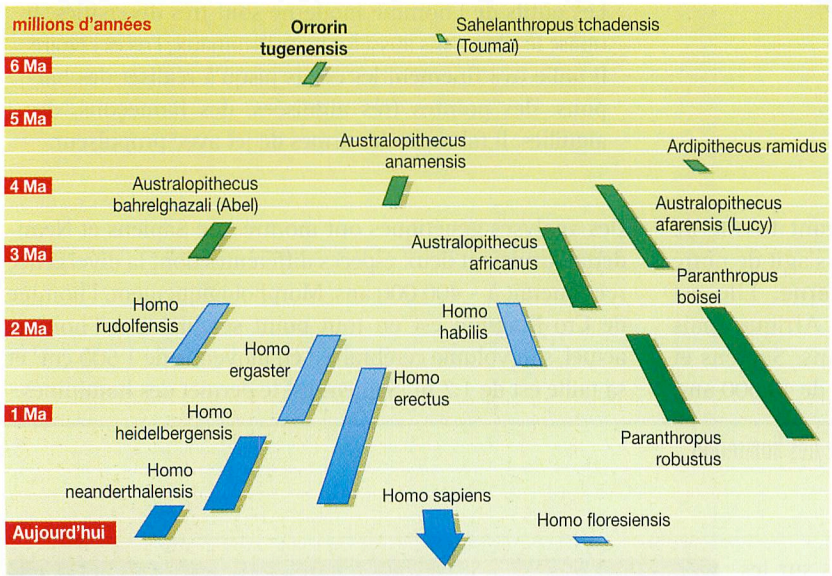
Activités pratiques 6

L'origine des hommes modernes

Les scientifiques ont une certitude : malgré la diversité évidente des populations, tous les hommes modernes appartiennent à la même espèce : Homo sapiens.

• Comment expliquer l'origine des hommes modernes, « tous parents et tous différents » selon la formule d'André Langaney ?

A L'homme moderne, un primate singulier issu d'une histoire plurielle



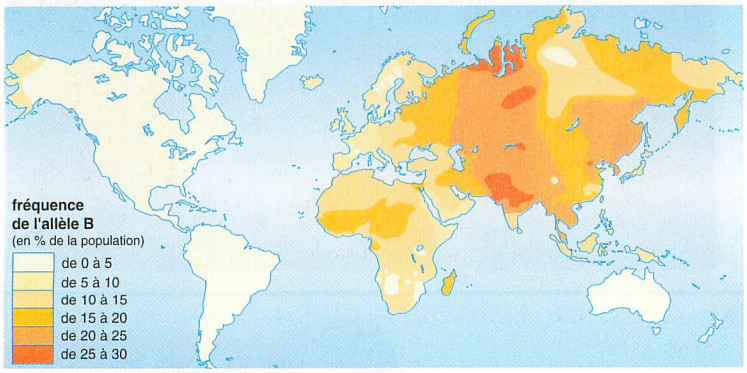
De nombreux fossiles de primates ont pu être placés dans la lignée humaine. Ils permettent de se faire une idée de nos origines et de l'histoire évolutive « buissonnante » de notre famille. Voici les caractères de cette évolution :

– plus on s'éloigne dans le temps et plus le nombre de fossiles retrouvés diminue, les plus anciens étant tous africains ;

– à certaines époques, notre famille a été très diversifiée, plusieurs espèces vivant en même temps (celles-ci ont eu des évolutions parallèles puis se sont éteintes pour la plupart) ;

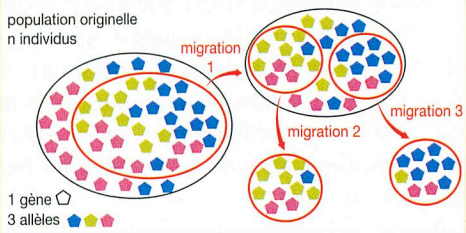
– de ce buissonnement, une seule espèce a émergé et survit actuellement, la nôtre : *Homo sapiens*.

Doc. 1 Une évolution buissonnante de la lignée humaine.



Le gène gouvernant les groupes sanguins du système ABO est présent dans toutes les populations humaines mais la fréquence des allèles (A, B ou O) de ce gène est variable d'une population à l'autre. Si les populations africaines présentent une répartition équilibrée entre les différents allèles, loin de l'Afrique, les différences sont marquées : c'est ainsi que l'allèle O est présent chez 90 % des amérindiens et des esquimaux, tandis que 60 % des aborigènes australiens possèdent l'allèle A.

L'effet fondateur



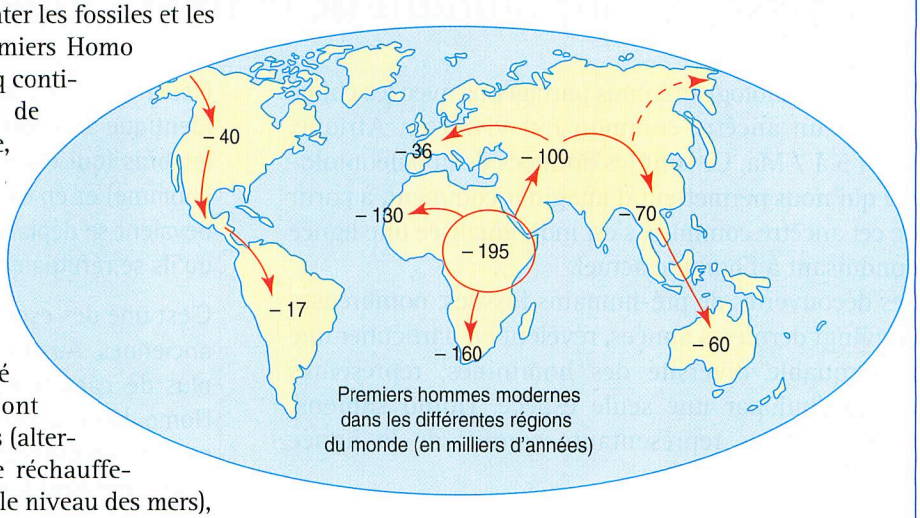
Les migrations des premiers hommes modernes se sont effectuées grâce aux déplacements de petits clans qui se sont peu à peu isolés d'une population plus importante. Ils ont ainsi emporté avec eux une partie seulement de la diversité allélique de la population originelle. Plus les migrations ont été importantes et plus ce « tri allélique » a dû être important.

Doc. 2 Une même origine à toutes les populations humaines.

B La colonisation du monde par l'homme moderne

Les données génétiques sont confirmées par les données paléontologiques. Il a en effet été possible de dater les fossiles et les traces d'activités associées aux premiers Homo sapiens retrouvés sur chacun des cinq continents. Les plus anciens spécimens de sapiens ont été exhumés en Éthiopie, ils ont été récemment datés à – 195 000 ans.

Des traces fossiles de la présence de ces hommes modernes au Proche-Orient, il y a 95 000 ans, montrent qu'Homo sapiens a dû sortir d'Afrique il y a 100 000 ans. Au gré des changements climatiques qui ont marqué les 100 000 dernières années (alternances de périodes glaciaires et de réchauffements climatiques qui ont fait varier le niveau des mers), il a ensuite peuplé le monde entier.



Doc. 3 Des migrations successives à l'origine du peuplement des cinq continents.

Lorsqu'il y a 40 000 ans, Homo sapiens arrive en Europe, Néandertal est déjà là depuis longtemps. Les néandertaliens proviennent sans doute de l'évolution d'une population proche d'Homo erectus, restée isolée pour des raisons climatiques.

Les hommes de Néandertal sont remplacés par Homo sapiens il y a 30 000 ans. Les analyses génétiques indiquent que ce remplacement n'a pas pu se faire par hybridation, nos gènes ne montrant en effet aucune trace de « métissage » entre ces deux espèces. Les hypothèses pour expliquer la disparition des néandertaliens sont nombreuses (changements climatiques, épidémies, consanguinité, etc.) mais aucune n'est validée scientifiquement. Une seule chose est sûre : Homo sapiens est resté le seul homininé sur la planète. Les 6,7 milliards d'humains qui peuplent la planète aujourd'hui en sont les représentants et ils partagent les mêmes gènes.

Reconstitution tirée du film « Homo sapiens ».

Doc. 4 Une part de mystère entoure encore l'arrivée des hommes modernes en Europe.

Pistes d'exploitation

1. **Doc. 1 :** On qualifie la lignée humaine de « buissonnante » : que signifie cette affirmation ?
2. **Doc. 2 et 4 :** En quoi les données génétiques montrent-elles une origine africaine commune à tous les hommes modernes ?
3. **Doc. 3 et 4 :** Comment la colonisation du monde par Homo sapiens s'est-elle effectuée ? Quelle part de mystère entoure encore l'arrivée des hommes modernes en Europe ?

Le caractère buissonnant de la lignée humaine

D'après les biologistes, nous partageons avec les chimpanzés un ancêtre commun qui vivait en Afrique, il y a 5 à 7 Ma. Ce sont les données de la paléontologie qui nous permettent d'imaginer comment, à partir de cet ancêtre commun, s'est individualisée une lignée conduisant à l'homme actuel.
Les découvertes de pré-humains fossiles, nombreuses ces vingt dernières années, révèlent en particulier une remarquable diversité des homininés, représentés aujourd'hui par une seule espèce, **Homo sapiens**. Quels sont les représentants connus de la lignée humaine ?

1 Les premiers homininés, des africains bipèdes

1. Les tout premiers représentants connus de notre lignée.

Deux fossiles, âgés de plus de 6 Ma, peuvent prétendre au titre de plus ancien homininé connu : Toumaï, découvert au Tchad (ouest du rift africain) et Orrorin, exhumé à l'est du rift africain. Tous deux présentent des caractéristiques qui les placent dans la famille de l'homme :
– le crâne de Toumaï montre une face assez verticale, des canines courtes, un trou occipital avancé (signe lié à la bipédie) ;
– Orrorin montre lui aussi des traces de bipédie (col du fémur bien développé, axe du fémur incliné vers l'intérieur).

Dans les terrains fossilifères plus récents, deux nouveaux types de fossiles d'homininés apparaissent : les australopithèques (« singes du sud ») et les humains.

2. Le peuple des australopithèques.

Le terme d'australopithèque regroupe plusieurs formes très différentes d'homininés qui ont vécu en Afrique entre – 4,5 Ma et – 1 Ma. Les fossiles d'australopithèques sont retrouvés « un peu partout » sur le continent africain, généralement associés à des fossiles d'animaux témoignant de milieux limitrophes des grandes forêts.

Si le « peuple des australopithèques » est très diversifié, tous possèdent des caractères dérivés liés à la **bipédie** :
– bassin court et évasé ;
– courbures de la colonne vertébrale ;
– forme et position des fémurs.

Cette bipédie est d'ailleurs attestée par des preuves directes (traces de pas sur des cendres volcaniques en Tanzanie).

Néanmoins, la bipédie des australopithèques n'était pas identique à la nôtre : ils devaient marcher en balançant les bras (qui étaient relativement plus longs que chez l'homme) et en « roulant » des hanches. On pense qu'ils devaient se déplacer normalement de manière bipède et qu'ils se réfugiaient occasionnellement dans les arbres.

C'est une des espèces d'australopithèque parmi les plus anciennes, Australopithecus anamensis, qui possède le plus de caractères dérivés en commun avec le genre Homo. Les espèces plus récentes semblent donc n'avoir qu'une parenté plus lointaine avec le genre humain ; elles pourraient ainsi former un groupe qui se serait séparé très tôt de notre lignée.

2 L'émergence du genre humain

1. Les premiers hommes.

En Afrique de l'Est, de nouveaux homininés apparaissent vers – 2,5 Ma : ces fossiles ont un volume crânien dépassant les 600 cm^3 et une face moins projetée vers l'avant que les australopithèques. Nommés Homo habilis ou Homo rudolfensis, ce sont les plus anciens représentants du genre Homo. De – 2,5 Ma à – 1,5 Ma, ils ont très vraisemblablement cohabité avec les derniers australopithèques.

Contemporains mais différents par de nombreux caractères, Homo habilis et Homo rudolfensis ne sont probablement ni l'un ni l'autre notre ancêtre direct. Ils nous montrent qu'à cette époque d'autres homininés sont présents à côté des australopithèques : il s'agit des premiers hommes avec un volume crânien plus important, une face plus plate et une bipédie comparable à la nôtre.

On retrouve associés à ces fossiles les **premiers outils** en pierre taillée : ce sont des galets de roches dures aménagés de façon rudimentaire. Par percussion, quelques éclats sont enlevés sur une face du galet de façon à obtenir un tranchant. Ces outils (choppers) servent à briser os ou crânes, les éclats permettant de couper les chairs.

2. Les hommes sortent du « berceau africain ».

Deux nouvelles espèces humaines apparaissent en Afrique : Homo ergaster (– 2 Ma à – 1 Ma) et Homo erectus (– 1,6 Ma à – 150 000 ans).

Leur origine exacte n'est pas connue ; on sait seulement qu'ils ont cohabité avec Homo habilis et Homo rudolfensis

pendant plusieurs centaines de milliers d'années. On considère ces nouveaux hommes comme deux espèces sœurs qui partagent donc un ancêtre commun.

Ils possèdent une **morphologie de coureur à pied** avec de longues jambes comme en témoigne l'adolescent du Turkana (– 1,6 Ma) ; ils sont grands (1,70 m) et sont capables de marcher sur de longues étapes. Ils forment un groupe très diversifié dont l'évolution au cours du temps est marquée par une augmentation du volume crânien (de 800 à 1 200 cm^3), une réduction de la face et de l'appareil masticateur.

Ils construisent des campements, perfectionnent les techniques d'outillage pour fabriquer des bifaces et maîtrisent le feu (- 800 000 ans).

Ils semblent être les premiers hommes à quitter le « berceau africain » et cela, très précocement : le plus ancien fossile européen découvert en Géorgie est âgé de 1,8 Ma. Il marque peut-être la voie suivie par Homo erectus pour coloniser l'Europe en passant par les rivages de la mer Noire. En Europe occidentale, une présence humaine incontestable est repérée au nord de l'Espagne vers – 800 000 ans. Le plus ancien « français » a été découvert à Tautavel (Corbières) : il vivait là vers – 450 000 ans.

Les hommes nouveaux ont aussi peuplé l'Asie, car d'autres vagues migratoires atteignent la Chine dès – 1,7 Ma.

3. Les plus récents représentants de la famille humaine.

Les homininés les plus récents appartiennent à deux espèces : les **hommes de Néandertal** et les **hommes de Cro-Magnon** (hommes modernes).

Les néandertaliens ne se distinguent des hommes modernes que par quelques caractéristiques anatomiques : aspect trapu du corps qui correspond à une adaptation à des climats froids, crâne étiré vers l'arrière, absence de menton, arcades sus-orbitaires bien marquées. Leur volume endocrânien est comparable, voire supérieur, à celui des hommes modernes. Ces derniers, plus grands et plus sveltes, ont un crâne plus haut, un menton bien dessiné. De nombreux spécialistes pensent que les néandertaliens sont les descendants directs d'Homo erectus isolés en Eurasie à cause des glaciations.

À partir de – 75 000 ans, les néandertaliens vont cohabiter avec les Homo sapiens, d'abord au Moyen-Orient puis en Europe. Ils s'éteignent vers – 30 000 ans dans le sud de l'Espagne. Les causes de cette disparition sont inconnues. Pendant leur longue période de cohabitation, les deux types humains partagent des pratiques culturelles très proches : outillage diversifié et sophistiqué, rites funéraires. C'est toutefois avec l'Homme moderne qu'apparaissent les premières manifestations artistiques qui atteignent très vite leur apogée.

3 L'origine de l'homme moderne

1. Deux modèles pour expliquer l'origine d'Homo sapiens.

Le premier modèle, dit du « remplacement » (« Out of Africa ») admet une origine africaine unique à l'homme moderne. À partir de ce berceau, l'homme moderne aurait ensuite essaimé dans le reste du monde et aurait remplacé les populations d'hommes « archaïques » pouvant encore y exister.

Le second modèle, dit de « l'origine multirégionale », soutient que les différentes populations d'homme moderne proviennent de lignées différentes de « précurseurs » qui auraient évolué chacune dans leur région à partir de populations migrantes d'Homo erectus.

Les arguments en faveur du premier modèle sont essentiellement fondés sur des analyses génétiques. Les arguments en faveur du second modèle sont tirés de l'analyse des fossiles (il y aurait une continuité de certains traits anatomiques depuis les hommes « archaïques » jusqu'aux hommes modernes en Europe et en Asie).

2. Pour les généticiens, nous sommes tous des africains.

La génétique moléculaire permet aujourd'hui de comparer des séquences d'ADN et d'établir la plus ou moins grande parenté entre des populations différentes. Ces études ont montré que toutes les populations humaines actuelles partagent les mêmes allèles mais avec des fréquences différentes.

La principale cause des différences de fréquences alléliques est la distance géographique entre les populations actuelles : cela traduit le fait que lorsqu'un groupe de migrants s'isole à partir d'une population initiale, il n'emporte qu'une partie du patrimoine génétique de cette population et qu'ensuite les deux « pools » génétiques évoluent indépendamment.

Par ailleurs, la diversité allélique tend à augmenter avec le temps. Or, c'est au sein des différentes populations africaines que l'on trouve la plus grande diversité d'allèles : les généticiens pensent donc que c'est là que se trouve le berceau unique de l'homme moderne.

Ces données de génétique moléculaire suggèrent ainsi le scénario suivant : tous les hommes actuels descendraient d'un groupe ancestral réduit (sans doute quelques dizaines de milliers d'individus seulement) ayant vécu en Afrique il y a 150 000 à 200 000 ans. Des membres de ce groupe auraient quitté l'Afrique vers – 100 000 ans puis auraient colonisé progressivement toutes les régions du globe.

L'essentiel

- L'histoire de la lignée humaine présente un aspect buissonnant : à chaque étape de cette histoire, notre famille est représentée par plusieurs espèces qui évoluent côte à côte puis s'éteignent. Actuellement, une seule espèce émerge de ce buissonnement, la nôtre : Homo sapiens.

- Deux grandes étapes marquent l'évolution anatomique de la famille humaine : l'acquisition de la bipédie systématique d'une part, l'augmentation du volume du cerveau qui s'accompagne de la réduction de la face d'autre part.

- Les fossiles d'homininés les plus nombreux ont été retrouvés à ce jour dans l'est de l'Afrique, ce qui semblerait montrer qu'il faut chercher là notre berceau. Cependant, les conditions exceptionnelles de fossilisation de la vallée du rift est-africain pourraient aussi expliquer cette abondance comme semble le montrer la découverte de Toumaï au Tchad (Afrique de l'Ouest).

- Les premiers homininés sont des bipèdes qui vivaient en bordure des grandes forêts africaines. Les scientifiques regroupent la plupart d'entre eux sous le terme « d'australopithèques ».

- Apparus depuis plus de 4,5 Ma, les australopithèques ont occupé l'Afrique du Sud, de l'Ouest et de l'Est jusque vers – 1 Ma. Ces êtres, au faible volume endocrânien (500 cm^3) étaient bipèdes, même si leurs bras développés leur permettaient d'évoluer dans les arbres.

- Les premiers hommes (Homo habilis et Homo rudolfensis) apparaissent en Afrique de l'Est vers – 2,5 Ma. Leur capacité crânienne est nettement plus grande (700 cm^3 environ). Leurs restes sont associés à des outils de pierre : les galets aménagés.

- La sortie du berceau africain se déroule vers 1,8 Ma grâce à des hommes nouveaux, plus grands, au corps de coureur : Homo ergaster et Homo erectus. Ils possèdent un volume encéphalique de 800 à 1 200 cm^3. Ils taillent des bifaces et maîtrisent le feu vers – 800 000 ans. Ils envahissent en plusieurs vagues migratoires l'Europe et l'Asie.

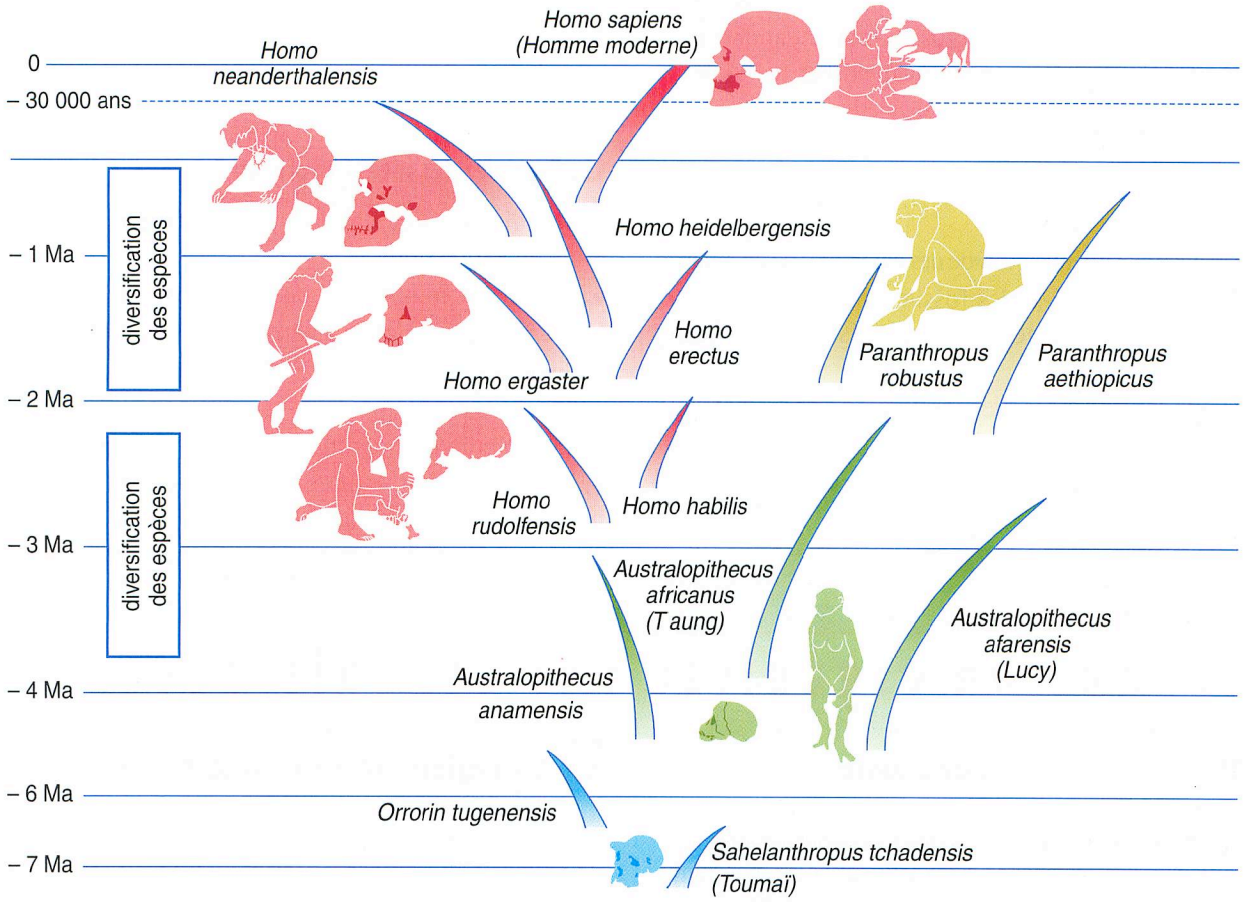
- Deux nouveaux types humains leur succèdent : l'homme de Néandertal et l'homme moderne. Ces deux espèces vont cohabiter, en Europe au Moyen-Orient, pendant près de 50 000 ans. Elles échangent sans doute des techniques et développent des cultures complexes : diversification des outils, rites funéraires. Les hommes modernes, qui subsistent seuls après – 30 000 ans, sont les premiers artistes. Ils colonisent l'ensemble de la planète.

- Les travaux de la génétique moléculaire semblent prouver que l'origine des hommes modernes est unique, qu'elle est récente et qu'elle est africaine.

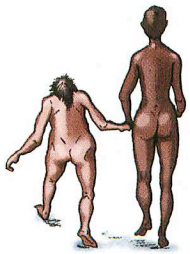
Schéma-bilan

Le caractère buissonnant de la lignée humaine

La lignée humaine, un buisson d'espèces



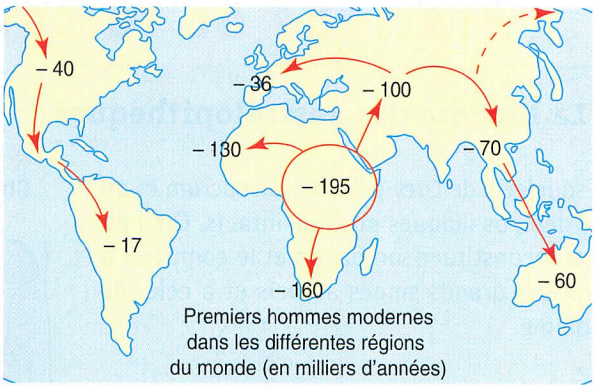
Les deux principaux genres de la lignée humaine



- Les Australopithèques possèdent des caractères dérivés en rapport avec la bipédie.

- Les espèces du genre Homo partagent une augmentation du volume crânien et une réduction de la face.

Une seule espèce d'homme moderne



Premiers hommes modernes dans les différentes régions du monde (en milliers d'années)

- Homo sapiens serait apparu en Afrique il y a 200 000 ans et aurait colonisé tous les continents en remplaçant les hommes déjà présents (H. erectus et H. neandertalensis). Tous les hommes qui peuplent aujourd'hui la planète appartiennent à la même espèce, Homo sapiens, et partagent les mêmes gènes.

Tester ses connaissances

A. Définissez les mots ou expressions.

Australopithèque, évolution buissonnante, Homo habilis, galet aménagé, Homo erectus, biface, néandertalien, effet fondateur, homme moderne, peinture pariétale.

B. Vrai ou faux ?

Repérez les affirmations exactes ; corrigez ensuite les affirmations inexactes.

a. Un australopithèque possède des caractères de chimpanzé.

b. À partir de – 2 Ma, les fossiles d'australopithèques disparaissent totalement, « remplacés » par des restes d'Homo habilis.

c. Homo sapiens est le premier homme à sortir d'Afrique.

d. Homo habilis est l'ancêtre d'Homo erectus.

e. L'homme de Néandertal donne naissance à l'homme moderne vers – 100 000 ans.

f. Tous les hommes modernes appartiennent à la même espèce.

g. Par le détroit de Béring, les hommes modernes sont arrivés en Amérique avant d'arriver en Europe de l'Ouest.

C. Exprimez des idées importantes...

...en rédigeant une phrase utilisant chaque groupe de mots ou expressions.

a. Bipédie, hominisation, australopithèques.

b. Homo habilis, galets aménagés, volume cérébral.

c. Évolution buissonnante, australopithèques, émergence du genre Homo.

d. Homo erectus, migrations, berceau africain.

e. Néandertaliens, hommes modernes, cohabitation, pratiques culturelles communes.

Restitution organisée des connaissances

BAC

A Une lignée buissonnante

« L'homme est un primate aujourd'hui très singulier issu d'une histoire plurielle. » Explicitez cette affirmation en montrant pourquoi la lignée humaine a un caractère buissonnant.

B L'origine de l'homme moderne

Le berceau de l'homme moderne est africain. Développez les arguments utilisés par les scientifiques pour établir cette idée.

Pratique du raisonnement scientifique

BAC

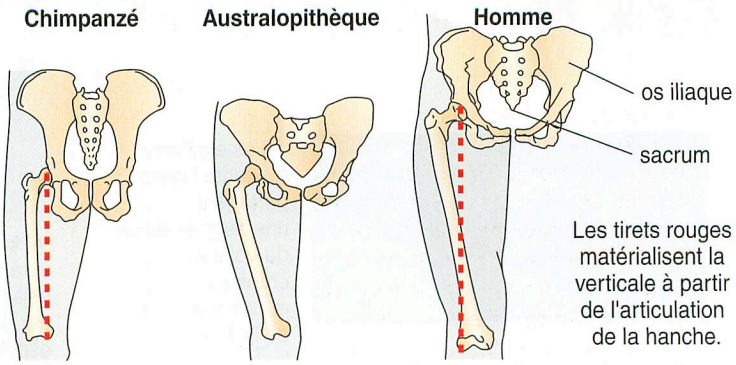
1 La bipédie des australopithèques

Le squelette de Lucy présente un sacrum et un des deux os iliaques presque intacts. On a pu ainsi reconstituer son bassin et le comparer à celui des grands singes actuels et à celui de l'homme.

Question

Identifiez chez Lucy les structures anatomiques qui montrent une aptitude certaine à la bipédie.

Exploitation de documents en relation avec les connaissances



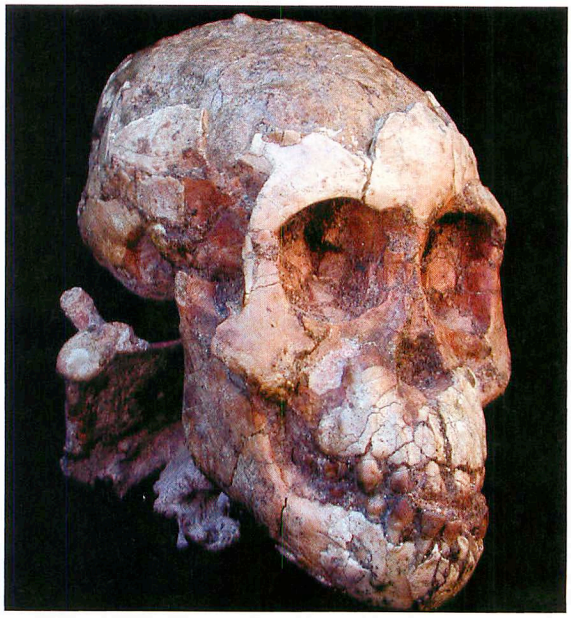
D'après « The Human Evolution Coloring Book ».

2 Selam, le « bébé australopithèque »

Exploitation de documents en relation avec les connaissances

• En décembre 2000, un fossile d'*Australopithecus afarensis* est découvert en Éthiopie dans la vallée du rift (très près de l'endroit où a été trouvée Lucy). La datation par la méthode potassium-argon des cendres volcaniques qui recouvraient le fossile a livré un âge d'environ 3,3 millions d'années. Très difficilement dégagé des sédiments, le squelette a pu être identifié comme appartenant à une fillette décédée vers l'âge de 3 ans. Les chercheurs ont baptisé « Selam » (« paix » dans plusieurs langues éthiopiennes) ce fossile qui est, à ce jour, le plus ancien squelette d'enfant homininé ; les fossiles d'enfants sont d'ailleurs très rares car leurs os sont plus fragiles que ceux des adultes.

• L'étude précise des restes de Selam a révélé un squelette très complet (crâne, torse et fragments de bras et jambes) qui a permis de confirmer les connaissances concernant la bipédie des australopithèques. En outre, on a pu, pour la première fois, étudier les omoplates d'un australopithèque. Elles montrent que la cavité articulaire dans laquelle s'insère la tête de humérus est orientée vers le haut comme chez les gorilles (et non vers le côté comme chez l'homme). Une telle orientation aurait facilité l'élévation des bras au-dessus de la tête, un mouvement qu'effectuent les singes lorsqu'ils grimpent.



Question 1

En quoi la découverte de Selam est-elle exceptionnelle ? Que nous apprend-elle sur le mode de vie des australopithèques ?

Question 2

Observez attentivement le crâne de Selam, quels caractères primitifs et dérivés pouvez-vous identifier ?

3 Le « hobbit » de l'île de Flores

Exploitation de documents en relation avec les connaissances

L'homme moderne partage d'une manière exclusive avec Néandertal une forme particulière de certains os du poignet. Ce caractère très dérivé n'est pas partagé par l'homme de Flores. Pour le Professeur Tocheri, auteur de cette étude : *« les os de son poignet sont tellement peu semblables à ceux des hommes modernes qu'Homo floresiensis ne peut pas être un Homo sapiens... Ce poignet nous montre que les hommes modernes et les néandertaliens avaient un grand-père qui n'est pas celui du hobbit*, mais qu'ils devaient avoir en commun un arrière grand-père... ! »*

• À partir de septembre 2003, les restes de douze individus ont été mis au jour dans une grotte de l'île de Flores (Indonésie) : un crâne complet, une jambe droite, des mains, des pieds, des vertèbres, des côtes, etc. Tous ces fossiles ont été datés entre – 12 000 et - 95 000 ans et attribués à une nouvelle espèce : *Homo floresiensis.*

• Cette espèce est bipède (le trou occipital est très avancé). Le visage a une allure très « humaine » même si les arcades sourcilières sont bien marquées. Cependant, la caractéristique principale de ces fossiles est leur très petite taille. Les ossements les plus complets sont en effet attribués à une femme âgée de 30 ans dont la taille est estimée à seulement un mètre avec une capacité crânienne de 380 cm^3.

• Les fouilles dans la grotte montrent que ces petits homininés étaient capables de concevoir des outils (éclats, racloirs, bifaces), qu'ils chassaient et qu'ils maîtrisaient l'usage du feu.

Question

En quoi cette découverte apporte-elle une nouvelle preuve du caractère buissonnant de la lignée humaine ?

* hobbit : créature de petite taille imaginée par J.R.R. Tolkien dans la trilogie du « Seigneur des anneaux ».

La parenté des mammouths en question

Chacun connaît les mammouths, ces grands herbivores qui, pendant près de quatre millions d'années, ont parcouru les continents en compagnie d'autres membres de leur vaste famille, les téthythériens. Aujourd'hui, la plupart de ces espèces ont disparu : le groupe n'est plus représenté que par les siréniens (lamantins et dugong) et par les éléphants d'Afrique et d'Inde.
Quels sont, dans la faune actuelle, les plus proches « cousins » des mammouths ?

Matériel disponible

- Logiciel Phylogène (INRP).
- Guide d'utilisation de ce logiciel (voir guide pratique p. 410 et 411).
- Fichier d'images de la collection « Téthythériens » de Phylogène.
- Fichier de molécules (cytochromes b).

Protocole expérimental

Traiter des informations issues d'une banque de données numériques.

Première étape:
- Construire un tableau comparatif des téthythériens actuels et du mammouth, portant sur les caractères suivants : défenses supérieures, spiralisation des défenses, aplatissement des défenses, tour de l'orbite, incisives supérieures.
- Renseigner ce tableau comparatif.
- Choisir parmi les caractères comparés ceux qui sont pertinents pour résoudre le problème posé.
- Vérifier la validité de ce tableau.
- Tracer l'arbre de parenté fondé sur ce choix de caractères.

Deuxième étape:
- Dresser la matrice des distances de molécules homologues du mammouth et des téthythériens actuels.
- Tracer l'arbre de parenté associé à cette matrice des distances.

Exploitation des résultats

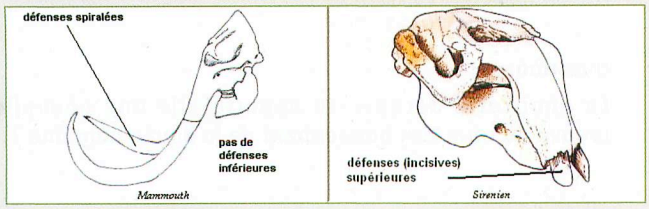
Adopter une démarche explicative - Exercer son esprit critique.

Première phase :
- Schématiser l'arbre obtenu.
- Représenter sur cet arbre la position du dernier ancêtre commun du mammouth et de son plus proche parent actuel. Dresser son portrait robot.
- Proposer une réponse au problème posé.

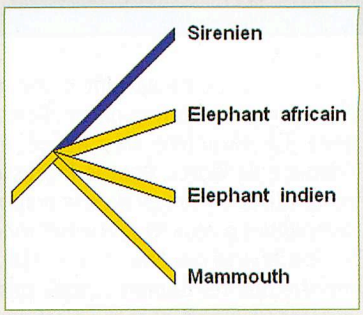
Deuxième phase :
- Comparer l'arbre obtenu sur la base de caractères moléculaires et l'arbre précédent.
- Faire une interprétation critique des résultats obtenus.
- Proposer une solution pour faire progresser la résolution du problème.

					5					10		
Elephant_africain	M	T	H	I	R	K	S	H	P	L	L	K
Elephant_indien	M	T	H	T	R	K	S	H	P	L	F	K
Mammouth	M	T	H	I	R	K	S	H	P	L	L	K
Dugong	M	T	N	I	R	K	S	H	P	L	I	K

Comparaison des cytochromes b (protéines mitochondriales).



Comparaison des défenses (incisives supérieures).



Arbre phylogénétique en cours de construction.

Données complémentaires :
www.bordas-svtlycee.fr/TleS

La place des girafes parmi les ongulés

Les girafes appartiennent au groupe des ongulés, mammifères possédant un sabot corné. On cherche ici à préciser la parenté des girafes avec les autres espèces de ce groupe. Pour cela, en traitant judicieusement les données moléculaires fournies, on précisera la position des girafes dans l'arbre phylogénétique simplifié des ongulés.

Matériel disponible

- Logiciel Anagène.
- Guide d'utilisation du logiciel (voir Guide pratique p. 412).
- Arbre simplifié des mammifères ongulés.
- Fichier de séquences du cytochrome b et de la caséine kappa.

Protocole expérimental

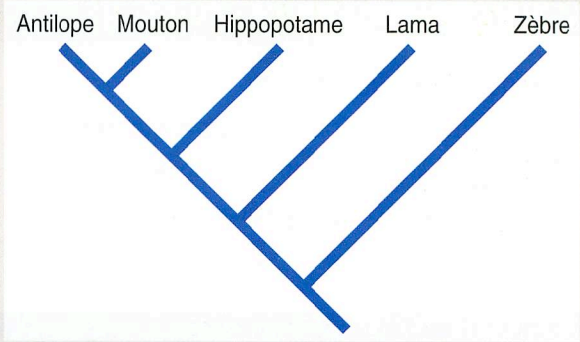
Utiliser un logiciel de traitement des séquences moléculaires.

- Ouvrir le fichier « ongules.edi ».
- Sélectionner les séquences utiles à la résolution du problème posé. Justifier le choix effectué.
- Traiter les séquences choisies de façon à établir le pourcentage d'identité entre ces séquences et celle de l'animal que l'on cherche à classer.
- Comparer les valeurs obtenues et en déduire l'animal ou le groupe qui présente la parenté la plus forte avec les girafes.

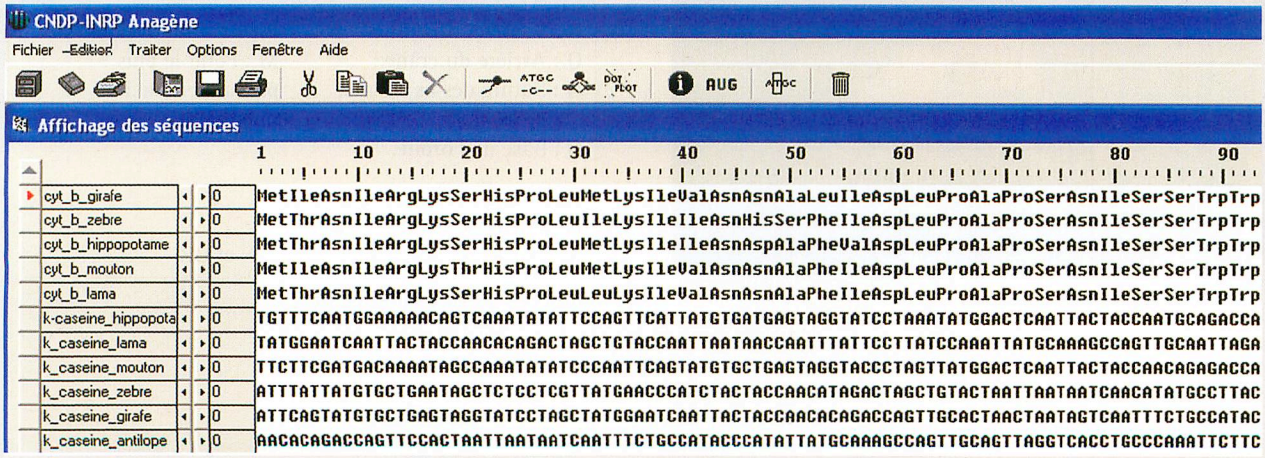
Exploitation des résultats

Communiquer des résultats – Adopter une démarche explicative.

- Présenter les mesures obtenues sous la forme d'un tableau.
- Expliquer le raisonnement qui permet de déduire des relations de parenté à partir de pourcentages d'identités.
- Interpréter les résultats pour répondre au problème posé.
- Replacer dans l'arbre fourni la position des girafes.



Arbre simplifié des ongulés.



Alignement des séquences étudiées (fragment).

Données complémentaires :
www.bordas-svtlycee.fr/TleS

Situer une espèce fossile dans la lignée humaine

La classification d'une espèce fossile dans la lignée humaine peut se faire par comparaison de caractères anatomiques. On se propose de prouver l'appartenance d'une espèce fossile à la lignée humaine à partir de données crâniennes.

Matériel disponible

- Crâne de l'espèce fossile (moulage).
- Crâne de chimpanzé et d'homme actuel.
- Aquarium avec transparent collé sur une face.
- Marqueur pour transparent.
- Pointeur laser sur une potence réglable.
- Règle et rapporteur.
- Document : position des points anatomiques à repérer.

Protocole expérimental

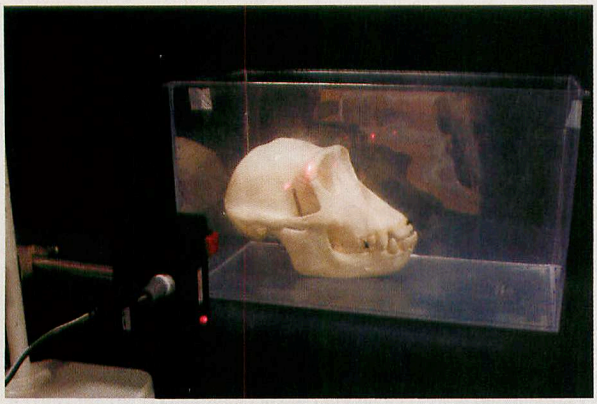
Mettre en œuvre un protocole. Faire des mesures.

- Placer un crâne dans l'aquarium, bien de profil.
- Positionner le spot du laser sur les points indiqués sur le document.
- Noter la position de ces points sur le transparent.
- Faire de même pour les autres crânes (penser à identifier les points par une marque ou une couleur).
- Décoller le transparent et faire les mesures d'angle.

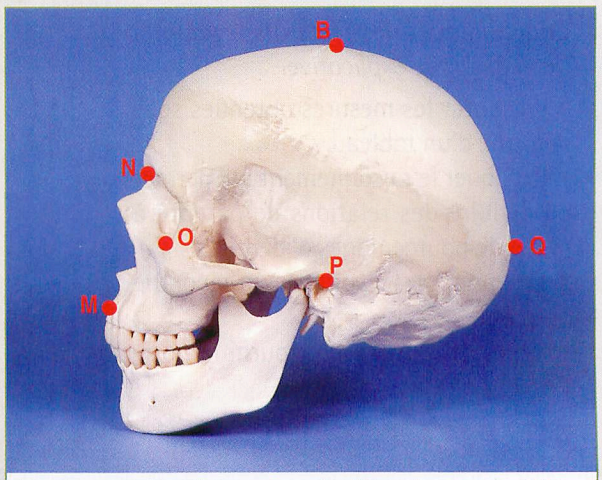
Exploitation des résultats

Pratiquer un raisonnement.

- Présenter les résultats sous forme d'un tableau.
- Comparer les résultats obtenus pour les trois crânes.
- Proposer une conclusion quant au crâne fossile.



Dispositif expérimental.



B : Sommet du crâne.
Q : Arrière du crâne.
N : Suture des os nasaux et frontal.
O : Base de l'orbite.
P : Haut du trou auditif.
M : Point le plus proéminent de l'os maxillaire supérieur.

Hauteur du crâne : segment BP.
Longueur du crâne : segment NQ.
Angle facial : angle aigu entre MN et OP.

Points et mesures à effectuer.

Données complémentaires :
www.bordas-svtlycee.fr/TleS

Le caractère mosaïque de l'évolution humaine

La famille des homininés est très diversifiée, elle présente un caractère buissonnant qui se manifeste par une « évolution en mosaïque » de la lignée humaine. On se propose à l'aide du logiciel Phylogène de mettre en évidence cet aspect particulier de l'évolution de l'Homme.

Matériel disponible

- Logiciel Phylogène (INRP).
- Guide d'utilisation de ce logiciel (voir guide pratique p. 410 et 411).
- Fichier d'images de la collection « Homininés » de Phylogène.
- Fichiers « ece.tab » et « ece.arb ».

Protocole expérimental

Traiter des informations issues d'une banque de données numériques.

- Sélectionner la collection « Homininés ».
- Ouvrir le tableau de caractères « ece.tab ».
- Utiliser la fonction « Classer » puis choisir les caractères pertinents pour mettre en évidence d'une part le groupe des australopithèques au sens large (paranthropes compris) et d'autre part le groupe des humains (genre Homo).
- Ouvrir l'arbre « ece.arb ».
- Utiliser les fonctionnalités du logiciel pour :

– justifier chacune des branches de l'arbre ;
– réfuter l'idée d'une progression linéaire des innovations évolutives au sein de la famille des homininés.

Exploitation des résultats

Adopter une démarche explicative.

- Recopier le regroupement obtenu à l'aide de la fonction « Classer » et expliquer ce qui fonde le groupe des australopithèques au sens large et le groupe des humains.
- Légender l'arbre proposé en localisant les différentes innovations génétiques qui en sont à l'origine.
- Montrer que l'évolution de la lignée humaine s'est réalisée d'une manière mosaïque et non linéaire. Argumenter la réponse à l'aide de plusieurs caractères.
- Réaliser des copies d'écrans judicieuses pour illustrer la réponse.

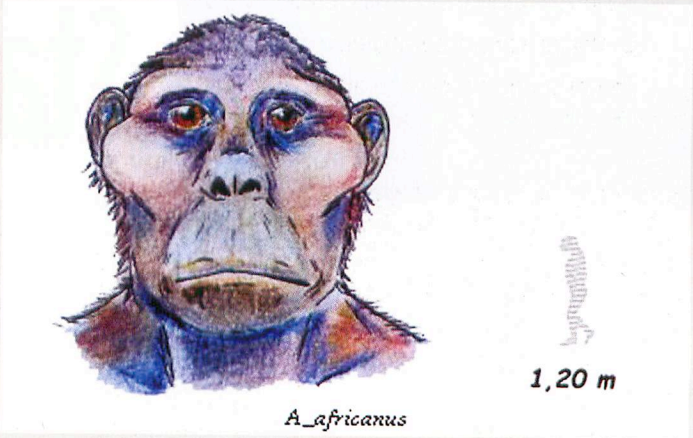
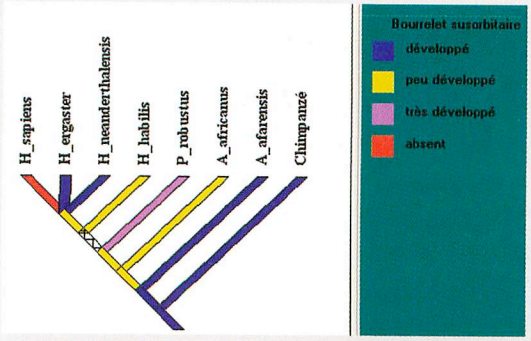
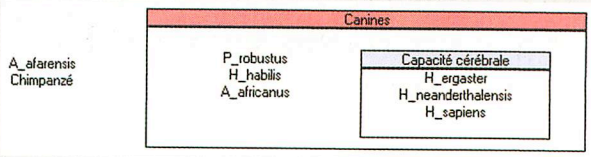


Image issue du logiciel Phylogène.



Arbre phylogénétique.



Utilisation possible de la fonction « Classer ».

Données complémentaires :
www.bordas-svtlycee.fr/TleS