

TD 4 : Remonter le temps grâce à l'ADN : retracer l'évolution de l'œil avec GENI-GENE 2

L'évolution laisse des traces dans l'ADN. Au cours du temps, les mutations s'accumulent dans les génomes des espèces, révélant leur histoire évolutive. En comparant ces séquences, il devient possible d'estimer les **distances génétiques** entre espèces et de reconstituer leurs **relations de parenté** sous forme d'arbres phylogénétiques.

Ces arbres ne représentent pas une échelle du « plus évolué », mais des **lignées évolutives divergentes** issues d'**ancêtres communs**. Les séquences moléculaires sont aujourd'hui un outil majeur pour comprendre comment des structures complexes (comme l'œil) sont apparues, modifiées, puis conservées ou transformées au cours de l'évolution.

Comment l'analyse de séquences d'ADN permet-elle de retracer l'évolution de l'œil chez les vertébrés ?

Dans ce TP, vous utiliserez [GENI-GENE 2](#) pour comparer un gène impliqué dans la vision chez cinq vertébrés (poisson, amphibien, reptile, oiseau, mammifère), puis construire un arbre phylogénétique afin d'identifier **à quel moment** certaines innovations de l'œil sont apparues.

ARTIE 1 — Comparer les séquences (10 minutes)

Manipulations dans GENI-GENE 2

1. Importer les séquences (Evolution vertebres.edi)
2. Cliquer sur **Actions** et **Aligner les séquences**
3. Observer les différences colorées

Question 1 : Mutations entre espèces :

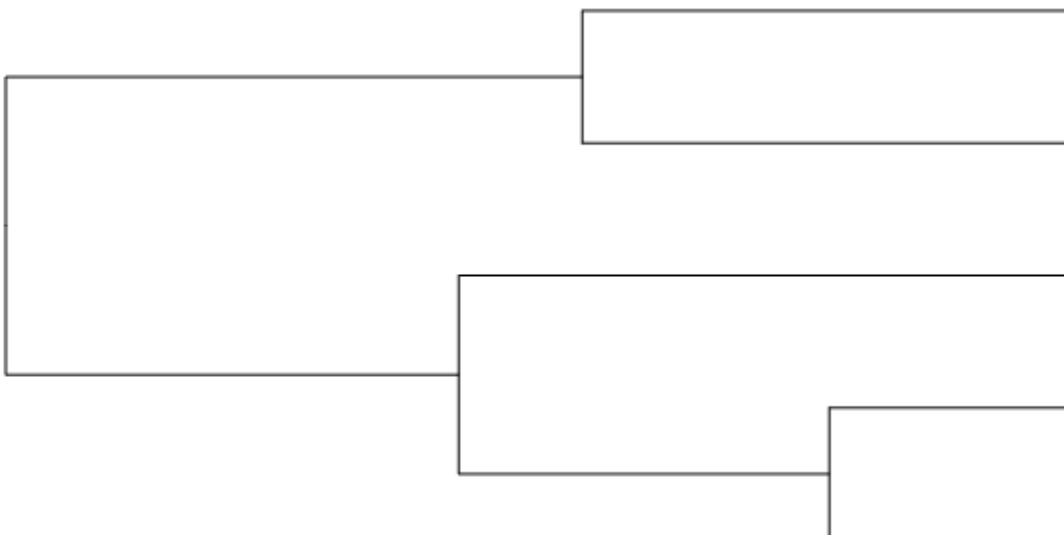
Comparaison	Nombre de mutations
Poisson ↔ Amphibien	...
Amphibien ↔ Reptile	...
Reptile ↔ Oiseau	...
Oiseau ↔ Mammifère	...

Que montrent ces différences sur la distance évolutive entre ces espèces ?

PARTIE 2 — Construire un arbre phylogénétique (20 minutes)

Manipulations :

1. **Affichage** puis **tableau de comparaison**
2. **Choisir distance de Hamming normalisée**
3. **Affichage**
4. **Phénogramme (Arbre)**
5. **Compléter le phénogramme ci-dessous et donner lui un titre**



Question 2 – Espèce la plus proche des mammifères :

Question 3 – Derniers ancêtres communs :

Mettre sur le phénogramme l'ancêtre commun pour

- Reptile / Oiseau
- Oiseau / Mammifère

Question 4 – Une espèce “plus évoluée” ?

L'arbre permet-il de dire qu'un groupe est « plus évolué » ? Justifiez.

PARTIE 3 : L'évolution de l'œil (10 minutes)

L'œil des vertébrés possède un cristallin (lentille) qui permet de focaliser la lumière sur la rétine. Cependant, la forme, la composition et l'efficacité optique du cristallin ont évolué différemment selon les groupes.

Poissons et Amphibiens : cristallin primitif	Reptiles, Oiseaux, Mammifères : cristallin sphérique <i>optimisé</i>
<ul style="list-style-type: none">- le cristallin est quasi parfaitement sphérique,- mais il est peu modulable,- il assure la mise au point surtout dans l'eau,- son efficacité optique dans l'air est limitée- la capacité d'accommodation (mise au point) est faible.	<ul style="list-style-type: none">- Structure interne stratifiée permettant une meilleure transparence- Indice de réfraction augmenté, pour améliorer la précision de la focalisation- Capacité d'accommodation élevée grâce à l'action de muscles ciliaires plus performants- Adaptation à la vision aérienne, bien plus exigeante que la vision aquatique- Moindre aberration sphérique, donc image plus nette

Question 5 — Localisation de l'innovation

Entourez la **branche évolutive** où ce caractère apparaît-il sur le phénogramme?

Expliquez votre raisonnement :

PARTIE 4 : Conclusion (5 minutes)

Question 6 — Synthèse

Expliquez en quelques lignes comment l'analyse de l'ADN permet de retracer l'évolution de l'œil :

Notions clés en phylogénie

Distance évolutive

Quantité de différences génétiques accumulées entre deux espèces depuis leur dernier ancêtre commun. Plus la distance est grande, plus la divergence est ancienne.

(Dans GENI-GENE 2, cette distance est simplement calculée comme le **nombre de mutations** entre deux séquences.)

Dernier ancêtre commun (DAC)

Organisme hypothétique du passé dont descendent deux ou plusieurs espèces actuelles. Dans un arbre, il correspond à un **nœud** (point de bifurcation).

Lignées divergentes

Branches qui se séparent à partir d'un même ancêtre commun. Chaque lignée représente une histoire évolutive distincte résultant de mutations, dérives et sélections différentes.

Branche évolutive

Segment de l'arbre phylogénétique représentant l'évolution d'un groupe depuis un ancêtre donné. Une innovation apparaît généralement **sur une branche**, juste avant que les espèces qui la possèdent ne se séparent.

Un **arbre phylogénétique** est une représentation graphique des relations de parenté évolutive entre plusieurs espèces ou groupes d'êtres vivants.

Il est construit à partir de similarités et de différences entre leurs caractères (moléculaires, anatomiques, comportementaux...).

Dans cet arbre :

- les **nœuds** correspondent aux **derniers ancêtres communs**,
- les **branches** représentent des **lignées évolutives divergentes**,
- la **longueur des branches** peut refléter la quantité de changements évolutifs,
- les **espèces actuelles** apparaissent aux extrémités des branches.

Un arbre phylogénétique n'est **pas une échelle du "plus évolué"**, mais un modèle qui retrace l'histoire des divergences évolutives.

Exemple :

Arbre phylogénétique sur les grands groupes du vivant (représentés dans des boîtes)

