

Stephen Jay Gould, paléontologue américain, a contribué à montrer que les caractères des organismes ne sont ni parfaits, ni toujours le résultat de la sélection naturelle.

► Comment expliquer les caractères « imparfaits » des organismes actuels ?



1^{ère} étape : un organe complexe mais imparfait, exemple de l'œil humain

Un test à réaliser, l'expérience de Mariotte



Fermer l'œil droit et fixer l'astérisque avec l'œil gauche. Approcher doucement votre œil de la feuille.

Que constatez-vous ?

1°) Trouver deux défauts dans l'organisation de l'œil humain. Doc.1

2°) Comparer l'œil de myxine et celui de l'humain. Proposer alors des innovations évolutives pour aller de l'un à l'autre. Doc.2

3°) Proposer quelques caractéristiques de l'œil humain permettant de le décrire d'une part comme un organe complexe, d'autre part comme un organe comportant des limites fonctionnelles.

1 Organisation de l'œil humain

Un œil pas si parfait

« Si un opticien m'avait vendu un instrument avec autant de défauts, je me sentirais en droit de lui renvoyer. » Herman von Helmholtz, physiologiste et physicien allemand (1821-1894), en parlant de l'œil.

Milieux transparents

- Cornée
- Humeur aqueuse
- Humeur vitrée
- Cristallin : lentille convergente
- Pupille
- Iris : diaphragme variable qui régule la quantité de lumière entrant dans l'œil

Enveloppes

- Sclérotique
- Choroïde
- Rétine :** conversion de l'énergie lumineuse en message nerveux grâce aux pigments des photorécepteurs (captent les photons)
- Fovéa :** zone d'acuité visuelle maximale
- Point aveugle :** zone dépourvue de photorécepteurs
- Nerf optique**
- Artère et veine**
- Vaisseaux sanguins rétiniens :** apport de nutriments mais projection d'ombres sur la rétine

● Bâtonnet : vision des formes et des mouvements à faible intensité lumineuse

● Cône : vision des couleurs à forte intensité lumineuse

● Cellule bipolaire

● Cellule ganglionnaire

2 Des témoins de l'évolution de l'œil humain

L'œil de type caméra* serait apparu il y a environ 420 Ma. L'étude de la structure des yeux de vertébrés actuels sans mâchoires, tels que la myxine et la lamproie, permet de comprendre comment cet œil a évolué. Il est le résultat de complexifications apparues progressivement, chaque étape ayant donné un organe fonctionnel et apporté un avantage sélectif certain.

Dès l'apparition d'une rétine, les rais lumineux doivent traverser ses différentes couches puisqu'elle est, en quelque sorte, « montée à l'envers ».

La sélection naturelle a permis de transmettre cette structure en héritage, malgré plusieurs imperfections.

■ Ancêtre commun

- Rétine à 2 feuillets : photorécepteurs et cellules ganglionnaires
- Peau translucide
- Œil de myxine adulte** (informe sur la luminosité, ne participe pas à la vision)
- Rétine à 3 feuillets : feuillet de cellules bipolaires issues des photorécepteurs
- Cristallin
- Œil de lamproie adulte** (participe à la vision)
- Œil humain adulte**

Doc+

Œil simple et œil complexe

hatier-ctic.fr/est208

Phylogénie et organisation de l'œil de quelques vertébrés

*Œil de type caméra : structure de type chambre noire qui permet la projection d'une image inversée sur une rétine (composée de cellules photosensibles appartenant au système nerveux).

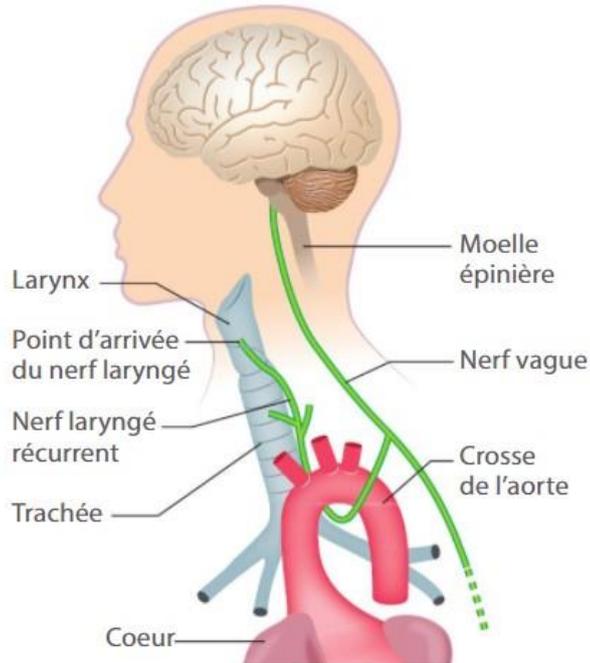
2^{ème} étape : Entre contraintes et compromis

A l'aide des documents 3 et 4, justifier cette affirmation : « La mise en place de certaines caractéristiques anatomiques est le résultat d'un compromis entre différentes contraintes ».

3 Exemple d'une contrainte* « historique » : le trajet du nerf laryngé

Chaque organisme est une mosaïque de caractères qui est le résultat de son histoire évolutive. L'interprétation d'une structure anatomique doit s'effectuer en intégrant la sélection naturelle, mais aussi des contraintes phylogénétiques (historiques).

Par exemple, le nerf laryngé issu du nerf vague* prend sa source dans le cerveau, se dirige vers l'aorte, qu'il contourne avant de remonter et d'innervier le larynx. Ce long trajet, impliquant un délai supplémentaire dans la transmission des messages nerveux, s'explique par un héritage historique. Chez les ancêtres aquatiques des tétrapodes, l'homologue de ce nerf innervait directement les branchies en contournant l'aorte sur une faible longueur. L'apparition du cou chez les tétrapodes, vers 375 Ma, augmente la distance entre crosse aortique et larynx et donc la longueur du nerf laryngé.



Nerf vague : nerf crânien ayant un rôle régulateur important sur le fonctionnement du cœur, des poumons,...

4 Exemple d'un compromis* sélectif : l'accouchement chez l'humain

Animation

Accouchement en 3D

hatier-clic.fr/est209

Chimpanzé : le petit naît en regardant sa mère, qui peut le saisir et le guider vers l'allaitement sans risque majeur pour lui.



Humain : le petit naît en regardant vers le bas. Sa mère ne peut pas le saisir sans lui faire risquer une lésion nerveuse. Une assistance est nécessaire.



L'interprétation d'une structure anatomique doit également tenir compte des compromis sélectifs, comme par exemple la forme du bassin des humains.

La bipédie exclusive, avec un bassin plus court et large, ainsi que l'augmentation du volume cérébral sont les deux principaux changements évolutifs de l'espèce humaine. Ces deux principaux changements ne se sont pas produits en même temps. Il s'agit d'un « croisement contingent* » de deux innovations. Ils ont conduit à des contraintes pour l'accouchement, telles que la nécessaire rotation de la tête de l'enfant au début de l'expulsion.

Compromis : résultat de contraintes contradictoires s'exerçant à toutes les échelles, du développement de l'individu jusqu'à l'adaptation de l'espèce.

Contingent : se dit d'un événement complexe, c'est-à-dire dû à plusieurs hasards, qui aurait très bien pu ne pas se produire.

Contrainte : ce qui pèse sur un organisme, entraînant par exemple la construction d'organes dans un champ des possibles restreints. Au-delà, à l'échelle de l'espèce, il y a des contraintes architecturales (de construction), phylogénétiques (historiques) et sélectives (adaptatives).