

Il y a environ 600 millions d'années, il aurait évolué à partir d'un simple capteur de lumière qui imposait les rythmes circadiens et saisonniers pour devenir l'organe perfectionné, tant du point de vue optique que neurobiologique, que nous connaissons aujourd'hui. Plus de 150 ans après la publication de la théorie de Darwin, ces découvertes sonnent le glas de la complexité irréductible. Elles expliquent aussi pourquoi l'œil, loin d'être une pièce mécanique parfaite, présente plusieurs défauts importants, qui constituent des « erreurs » de l'évolution. L'évolution ne conduit pas à la perfection. Elle « bricole » avec le matériel disponible, et aboutit parfois à des résultats bizarres.

Des yeux composés et des yeux de type caméra

Avant d'aborder l'histoire de l'œil, rappelons que l'espèce humaine dérive d'une série continue d'ancêtres qui ont évolué depuis l'apparition de la vie sur Terre, il y a presque quatre milliards d'années. Il y a environ un milliard d'années, les animaux pluricellulaires se sont scindés en deux groupes : ceux présentant un plan d'organisation à symétrie radiale et ceux dont la symétrie est bilatérale, c'est-à-dire que leur moitié gauche est symétrique de leur moitié droite par rapport à un plan. C'est le cas de la plupart des animaux. Il y a environ 600 millions d'années, ces derniers organismes, les bilatériens, ont à leur tour divergé en deux branches : l'une qui a donné la plupart des animaux non vertébrés actuels et l'autre d'où sont issus les vertébrés, dont l'homme. Peu après la séparation de ces deux branches, une diversité étonnante de groupes est apparue, constituant l'explosion du Cambrien, il y a 540 à 490 millions d'années. Les fossiles datant de cette période sont très nombreux. Ce puissant élan de l'évolution a préparé l'émergence de l'œil.

L'observation de fossiles montre que pendant l'explosion du Cambrien, deux types d'yeux différents sont apparus. Le premier semble avoir été un œil composé ou œil à facettes, tel celui que l'on observe aujourd'hui chez tous les insectes, araignées et crustacés (un groupe de non-vertébrés nommés arthropodes). Il comprend une série de constituants identiques, nommés ommatidies, dont chacune constitue

une lentille ou un réflecteur, faisant converger la lumière vers des cellules sensibles à la lumière, des photorécepteurs. Les yeux composés sont très efficaces pour les petits animaux, car ils offrent un grand angle de vue et une résolution spatiale correcte pour un petit volume. Au Cambrien, une telle capacité visuelle a pu conférer aux trilobites et à d'autres arthropodes anciens un avantage évolutif par rapport à leurs contemporains dont la vision était moins performante. Toutefois, pour les animaux de grande taille, les yeux composés ne sont guère adaptés, car de tels yeux permettant une vision à haute résolution auraient été immenses. Ainsi, lorsque la taille des animaux a augmenté, des pressions de sélection ont favorisé l'apparition d'un œil différent : l'œil de type caméra.



2. LA LAMPROIE, *Petromyzon marinus* (a), et la myxine, *Myxine glutinosa* (b), sont des animaux à la frontière séparant les vertébrés des non-vertébrés. Elles vivent au fond des mers.

Dans de tels yeux, les photorécepteurs utilisent tous la même lentille qui focalise la lumière et ils sont disposés en une couche mince, la rétine, qui tapisse la paroi interne de l'œil. Le calmar et le poulpe ont un œil de type caméra ressemblant au nôtre, mais leurs photorécepteurs sont proches de ceux des yeux des insectes. Les vertébrés portent d'autres photorécepteurs, qui, chez les vertébrés à mâchoires (dont l'homme), sont soit des cônes pour la vision diurne, soit des bâtonnets pour la vision nocturne.

Il y a plusieurs années, Edward Pugh, de l'Université de Pennsylvanie, Shaun Collin, de l'Université du Queensland en Australie, et moi, avons tenté de trouver

comment ces différents types de photorécepteurs ont évolué. Ce que nous avons découvert allait au-delà de la réponse à cette question, et a fourni un scénario pour l'origine de l'œil des vertébrés.

De nombreuses caractéristiques de l'œil des vertébrés sont identiques parmi tous les représentants actuels de l'une des principales branches de l'arbre des vertébrés : celle des vertébrés à mâchoires. Par conséquent, ces vertébrés ont hérité ces traits d'un ancêtre commun, et notre œil serait apparu il y a environ 420 millions d'années, lorsque les premiers vertébrés à mâchoires (qui ressemblaient probablement aux poissons cartilagineux actuels, tels les requins) parcouraient les océans. Nous en avons déduit que l'œil de type caméra et ses photorécepteurs étaient issus de structures plus anciennes et nous nous sommes intéressés aux vertébrés sans mâchoires, avec lesquels nous partageons un ancêtre commun plus ancien, vieux d'environ 500 millions d'années.

Nous voulions examiner en détail l'anatomie d'un tel animal et avons décidé d'étudier l'un des rares animaux actuels appartenant à ce groupe : la lamproie. Cet animal du groupe des agnathes a un corps allongé, comme celui d'une anguille, et est doté d'une bouche en forme d'entonnoir, par laquelle il suce le sang de ses proies. Or la lamproie est aussi pourvue d'un œil de type caméra, avec un cristallin, un iris et des muscles oculaires. Sa rétine présente même une structure à trois feuillets, comme la nôtre, et ses photorécepteurs ressemblent beaucoup à nos cônes, bien que l'évolution ne l'ait apparemment pas dotée de bâtonnets, plus sensibles. De surcroît, les gènes qui contrôlent de nombreux aspects de la détection de la lumière, du développement de l'œil et du traitement des signaux lumineux par les neurones sont les mêmes que ceux qui régissent ces processus chez les vertébrés à mâchoires.

Ces similitudes avec l'œil des vertébrés à mâchoires sont bien trop nombreuses pour être apparues indépendamment. Un œil quasi identique au nôtre a dû exister chez l'ancêtre commun aux vertébrés sans mâchoires et à mâchoires, il y a 500 millions d'années. À ce stade, nous nous sommes demandé si nous ne pouvions pas remonter encore davantage le temps vers le « premier œil » et ses photorécepteurs. Malheureusement, il n'y a pas de représentants vivants de lignées