

Fig. 1. Structure de l'œil composé et ommatidies d'un insecte.

Les yeux coalescents de l'Aeshne bleue *Aeshna cyanea* (Odo. Aeshnidae)
Cliché André Karwath, licence CC BY-SA 2.5.

Par Benoît Gilles

La vision chez les insectes

Anatomie et structure des yeux composés

Les yeux ont pour fonction de réceptionner et de guider l'énergie lumineuse (photons) vers des cellules réceptrices spécialisées (photorécepteurs) qui traduisent cette énergie photonique en énergie électrique. Transmise ensuite au cerveau par des neurones, elle sera analysée et interprétée pour donner naissance à une représentation mentale de l'environnement permettant à l'animal de se déplacer, de repérer sa proie ou son partenaire sexuel, etc.

Les Arthropodes possèdent des yeux composés constitués de plu-

sieurs sous-unités simples appelées ommatidies. Ceux-ci sont apparus tôt dans l'évolution. Ils ont été observés sur des fossiles de crustacés et de chélicérates (scorpions et araignées) du Cambrien (540-485 millions d'années) et sur des insectes du Dévonien (420-360 Ma). Cette période a été favorable à une grande diversification du monde animal. Les yeux composés de l'actuelle limule (*Limulus sp.*, Chélicérates) sont ainsi restés inchangés depuis cette époque.

En raison de leur petite taille, l'observation et l'étude des yeux des

insectes a dû attendre l'invention du microscope au XVII^e siècle. Les premières descriptions en ont été réalisées par le chimiste, physicien et mathématicien anglais Robert Hooke en 1665, par le savant néerlandais Antoni Van Leeuwenhoek en 1695 et par le physiologiste autrichien Sigmund Exner en 1891.

■ PRÉSENCE DES YEUX COMPOSÉS

Les yeux composés se retrouvent chez la quasi-totalité des insectes avec des variantes de taille, de forme et de structure.

Les Aptérygotes (insectes primitifs dépourvus d'ailes) ont des yeux

composés de 8 ommatidies, sauf les Thysanoures, qui n'ont pas d'yeux du tout, de même que les Protoures (autrefois classés parmi les insectes).

Chez les Ptérygotes (insectes « modernes » pourvus d'ailes), le nombre d'ommatidies peut être particulièrement élevé : 800 chez les drosophiles (Diptères), 7 500 chez les Diopsidés (Diptères), 10 000 chez les bourdons (Hyménoptères), ou encore 30 000 chez les libellules (Odonates).

Certaines espèces cavernicoles ou souterraines, comme les termites (Isoptères), les parasites aux ailes atrophiées (Phthiraptères – poux, mais le Pou du corps a des yeux – et Siphonaptères – puces), ou certaines femelles de cochenilles (Hémiptères) en sont dépourvus. Les larves d'insectes Holométaboles possèdent au plus des yeux simples, appelés stemmates, qui disparaissent généralement chez l'adulte (voir encadré ci-contre). L'œil des ouvrières de la fourmi *Hyponera punctatissima* (Hym. Formicidés) n'est constitué, quant à lui, que d'une seule ommatidie.

■ STRUCTURE D'UNE OMMATIDIE

Chaque ommatidie est constituée de 3 parties : optique, de collecte de la lumière et sensorielle.

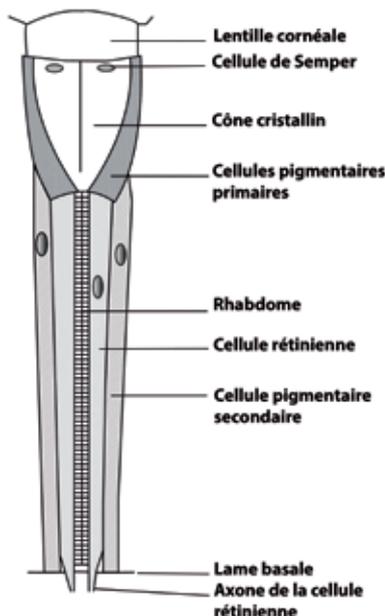


Fig. 2. Structure générale d'une ommatidie d'insecte. - D'après Chapman, 2013.

Les yeux simples

Les **stemmates** sont les organes visuels des larves des insectes Holométaboles. Situés de chaque côté de la tête, ils sont au nombre de 1 à 7. Les chenilles de Lépidoptères ont typiquement 6 stemmates tandis que les fausses-chenilles des tenthrèdes n'en possèdent qu'un seul. Les larves souterraines ou endophytes en sont dépourvues.



Larve de *Diprion pini* (Hym. Tenthroïdés) - Cliché Entomart

Les **ocelles** sont présents chez les imagos de beaucoup d'espèces et chez des larves d'Hétérométaboles. Ils sont généralement disposés en triangle : 1 sur le front et 2 latéraux sur le vertex.

Ces organes sont constitués d'un appareil dioptrique qui comprend généralement une cornée (tégument bombé et transparent à cet endroit formant lentille), des cellules cornéogènes et des cellules visuelles formant un rhabdome. Le rôle des ocelles n'est pas connu avec exactitude. Ils seraient plus sensibles que les yeux composés aux brusques variations de lumière et contribueraient à la stabilité du vol. Les stemmates seraient des détecteurs d'horizon. Les yeux simples sont jugés incapables de percevoir des formes sauf chez certains prédateurs (imagos de libellules et de guêpes, larves de cicindèles).

A. F.

Comme l'ensemble du corps des insectes, les yeux composés sont couverts d'une cuticule, qui à cet endroit est transparente, incolore et forme une cornée ou lentille biconvexe, à la surface de chaque ommatidie.

Vu de dessus, les ommatidies forment des facettes hexagonales placées les unes à côté des autres (fig. 1, page précédente).

La cornée est synthétisée et sécrétée par deux cellules épidermiques (cellules cornéales ou cellules pigmentaires primaires). En profondeur se trouvent les 4 cellules de Semper dont la fonction est de produire, chez certaines espèces, une seconde lentille rigide et transparente appelée cône cristallin. Sous la cornée et le cône cristallin sont placées les cellules sensorielles (photorécepteurs ou cellules rétinienne) qui sont des neurones allongés, généralement au nombre de 8, parfois de 7 ou de 9, bordées latéralement par 12 à 18 cellules de soutien, séparant les ommatidies entre elles, et appelées cellules pigmentaires secondaires (fig. 2). Les photorécepteurs traversent la lame basale où ils se connectent aux neurones du nerf optique au niveau du lobe optique. La marge interne des photorécep-

teurs est composée de microvillosités très denses et perpendiculaires à l'axe de la cellule : le rhabdome, où se situent les pigments visuels comme la rhodopsine. L'union des microvillosités de tous les photorécepteurs forme le rhabdome (fig. 3). Les rhabdomères peuvent être fusionnés (en contact les uns avec les autres, ils ont le même champ visuel) ou ouverts (séparés par une matrice ils ont chacun un champ visuel propre) (fig. 4).

Selon que les insectes sont diurnes ou nocturnes la structure des ommatidies et des yeux composés diffère.

Chez les espèces diurnes, la structure en apposition domine : le r h a b d o m e s'étend sur toute la longueur de la cellule photoréceptrice, du cône cristallin à

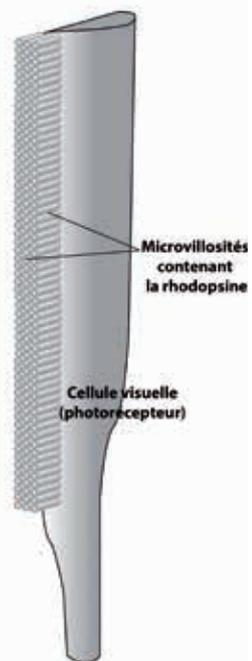


Fig. 3. Microvillosités du rhabdome du photorécepteur. D'après Srinivasan, 2011.

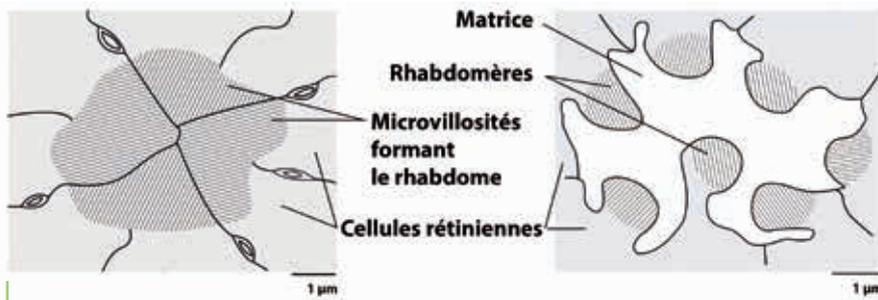


Fig. 4. Rhabdomères « fusionnés » (à gauche) et « ouverts » (à droite). - D'après Chapman, 2013

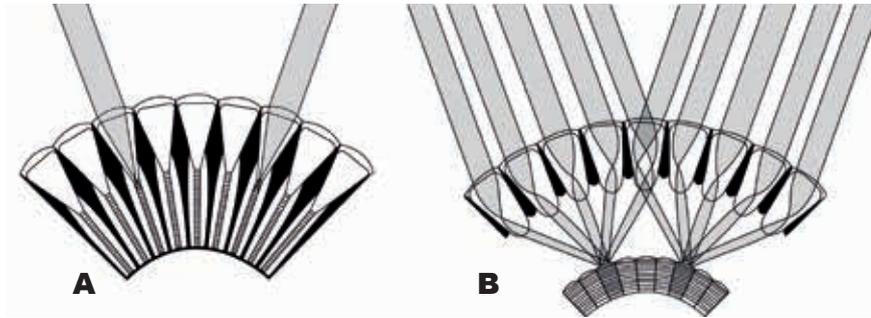


Fig. 5. A : section transversale d'un œil composé de type à apposition (insectes diurnes) ; B : section transversale d'un œil composé de type à superposition (insectes nocturnes). D'après Warrant, 2008.

la lame basale, soit une longueur de 150 µm chez les fourmis *Camponotus* et de 80 µm chez la drosophile (fig. 5A). Les photorécepteurs ne reçoivent la lumière que de la lentille à laquelle ils sont liés.

Chez les espèces nocturnes (de papillons et de coléoptères), la structure à superposition est la plus fréquente : le rhabdome ne s'étend pas sur toute la longueur de la cellule photoréceptrice (fig. 5B). Les photorécepteurs reçoivent la lumière de centaines, voire de milliers, de facettes, ce qui augmente la capture des photons et donc la sensibilité visuelle. Les Hyménoptères (guêpes, abeilles,

fourmis) possèdent des yeux de type à apposition. Bien que ce type de vision offre une faible sensibilité lumineuse, certaines espèces, devenues nocturnes au cours de l'évolution, possèdent contre toute attente une bonne acuité visuelle. On ignore comment.

Les 12 à 18 cellules pigmentaires secondaires isolent les ommatidies les unes des autres.

Une autre adaptation à la vie nocturne consiste, chez les papillons notamment, en l'aplatissement et en l'élargissement des trachées respiratoires à l'arrière de l'œil pour former une couche appelée tapetum qui reflète la lumière : les photons

traversent ainsi deux fois les rhabdomes, ce qui augmente la sensibilité de la vision.

ADAPTATION EXTERNE DES OMMATIDIÉS

Chez les mantes-religieuses (Mantoptères), la capture des proies nécessite une vision binoculaire à haute résolution. Au centre de leurs yeux composés, le diamètre des facettes, l'angle formé entre elles par les ommatidies et la longueur des rhabdomes sont plus importants qu'à la périphérie (fig. 6). Ces caractéristiques offrent à l'insecte une zone visuelle de grande précision appelée fovéa. Une telle adaptation se retrouve également dans les yeux des vertébrés. La zone de haute résolution visuelle se situe sur la partie fronto-dorsale des yeux composés des libellules (Odonates) qui chassent et poursuivent des proies aériennes. D'autres insectes, comme les Coléoptères du genre *Gyrinus* (famille des Gyrinidés) qui nagent à la surface de l'eau, possèdent deux zones de haute résolution visuelle : une ventrale pour voir sous la surface et une dorsale et aérienne¹. Plus surprenant encore, les yeux composés des mâles du genre *Cloeon* (Ephéméroptères) sont constitués de deux parties indépendantes : une dorsale constituée d'ommatidies à larges facettes et de type à superposition et l'autre, latérale, à facettes plus petites et de type à apposition.

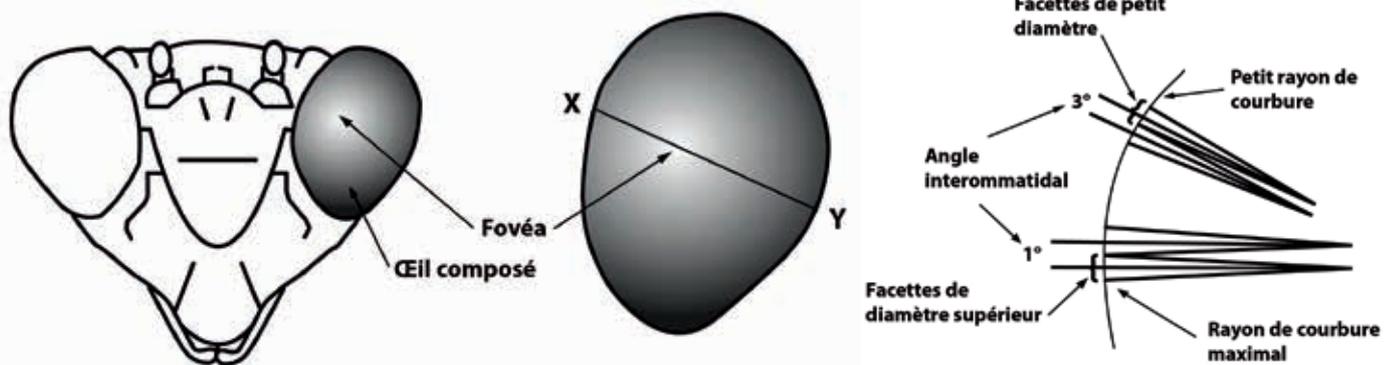


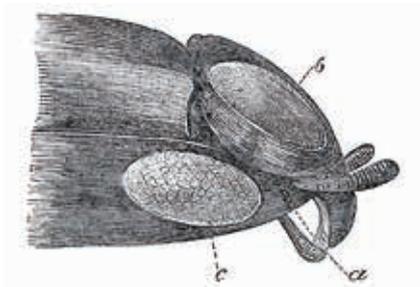
Fig. 6. Variation des ommatidies chez *Tenodera* (Mantoptères). Vue frontale de la tête (en haut) – Œil composé avec la fovéa en clair (milieu) – Coupe transversale de l'œil composé montrant les différences de courbure, d'angle interommatidial et de longueur de rhabdome (en bas). - D'après Rossel, 1979 repris par Chapman, 2013.



Yeux du Taon des bromes *Tabanus bromius* (Dip. Tabanidé). - Cliché Entomart



Yeux en turban d'éphémère. - Cliché Yasunori Koide licence CC BY-SA 3.0,



Yeux dédoublés de gyryn (b et c ; a : bouche). In : *Country walks of a naturalist with his children*, W. Houghton, 1870.

La forme du cristallin est variable entre les espèces d'insectes. Il est en général conique, hormis pour les insectes dits « primitifs » comme les Thysanoures chez lesquels il est sphérique.

4 types de cône ont été décrits :

- Eucône : les cellules de Semper se trouvent dans le cône cristallin (fig. 7).

1. À (re)lire : Les gyrins, par Jean-Pierre Renon. *Insectes* n°135, 2004(4). En ligne à www7.inra.fr/opie-insectes/pdf/i135renon.pdf

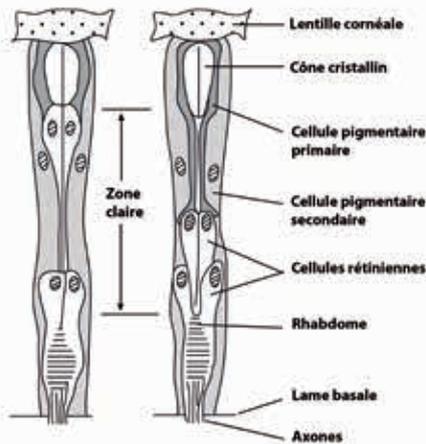


Fig. 7 : Ommatidie de type eucône avec sa zone claire chez les Mégaloptères du genre *Archicauliodes*. Adaptation à la nuit (à gauche) ; adaptation à la lumière (à droite). D'après Walcott, 1975 repris par Chapman, 2013.

- Acône : absence de cône cristallin, le rôle de la mise au point est joué par les cellules de Semper dont le cytoplasme est clair. Cette configuration se rencontre chez les Coccinellidés, les Staphylinidés, les Tenebrionidés, certains Diptères et Hémiptères.
- Pseudocône : les cellules de Semper sécrètent un cône cristallin extracellulaire formé de liquide gélatineux (certains Odonates, Coléoptères et la plupart des Diptères).
- Exocône : les cellules de Semper ne contribuant pas à la mise au point, c'est la lentille cornéenne qui, en formant un cône, joue ce rôle (Élateridés et Lampyridés) (fig. 8).

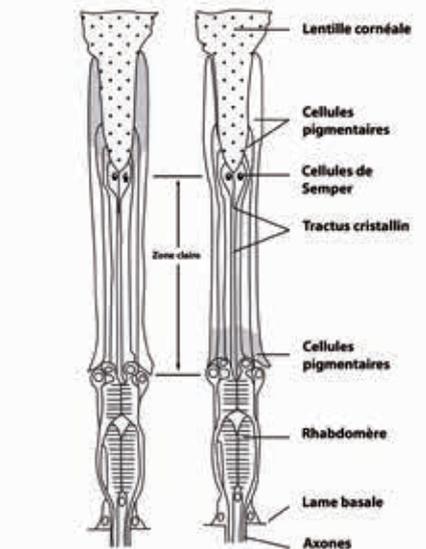


Fig. 8. Ommatidie de type exocône dont la zone claire est formée des cellules de Semper. Adaptation à la nuit (à gauche) ; adaptation au jour (à droite) (chez les Col. du genre *Photuris*). - D'après Walcott, 1975 repris par Chapman, 2013.

Les photorécepteurs sont en général de même longueur. Cependant, chez des espèces d'insectes primitifs comme le lépisme (Thysanoures) et les papillons du genre *Spodoptera* (Noctuidés), les photorécepteurs sont enroulés et disposés de manière étagée. D'autres configurations sont également possibles (fig. 9).

Cet article est repris et adapté du site Internet de l'auteur : [//passion-entomologie.fr/](http://passion-entomologie.fr/)
Contact : benoit_gilles@hotmail.fr

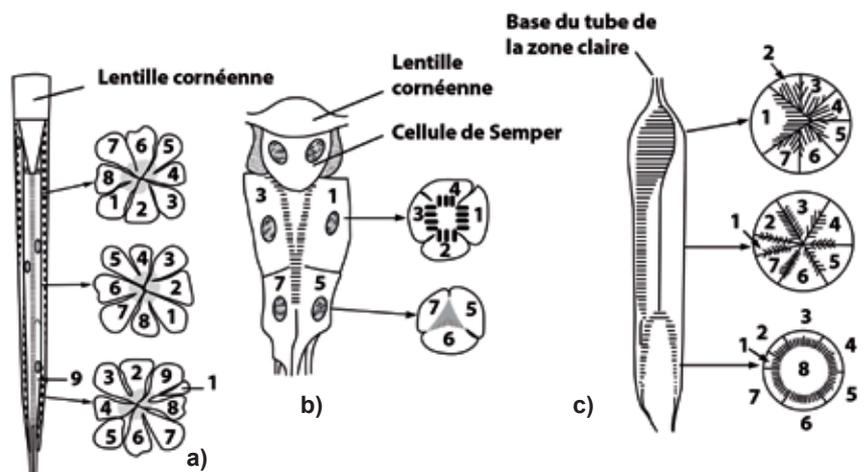


Fig. 9. Section transversale de différents types d'ommatidies – a) Abeille : rhabdome de type enroulé, les cellules photoréceptrices pivotent de 180° (chaque numéro correspond à une cellule photoréceptrice) – b) Lépisme : rhabdome de type étagé, 4 photorécepteurs sur la partie supérieure et 3 sur l'inférieure – c) *Sodoptera* : rhabdome de type étagé, chez un œil composé de type à superposition. - D'après Chapman, 2013.