

> « noir et blanc ». Leur comportement montre pourtant qu'ils distinguent les couleurs. D'après une étude publiée en 2016 par les Américains Christopher et Alexander Stubbs, la forme très particulière de la pupille de ces mollusques aurait pour effet d'amplifier les aberrations chromatiques dans leur œil. Cela permettrait aux céphalopodes, à partir des différences de netteté des images formées sur leur rétine, de discriminer les couleurs.

LA VISION BINOCULAIRE DONNE DU RELIEF AUX COULEURS

Pour en revenir à l'œil humain, comment les aberrations chromatiques conduisent-elles à une illusion de relief? On remarque aisément que cet effet disparaît lorsqu'on ferme un œil. Il s'agit donc d'une conséquence de la vision binoculaire. Quand nous regardons un objet, nous orientons les yeux pour que son image se forme sur la fovéa, la région de la rétine où la concentration de cellules photoréceptrices est la plus élevée, c'est-à-dire où la résolution est la meilleure. Or la fovéa n'est pas située sur l'axe optique du système composé de notre cornée et notre cristallin: la direction de visée optique et l'axe optique sont décalés de 5 degrés.

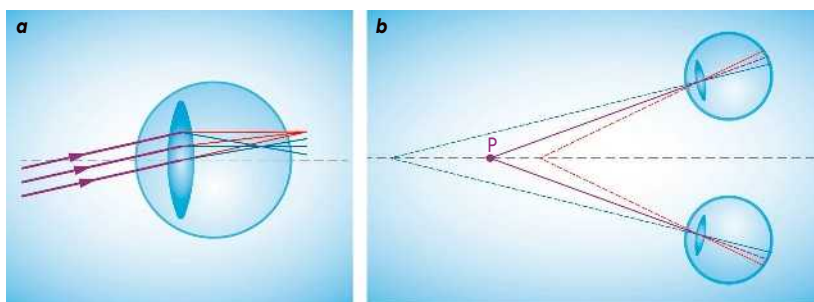
À cause de ce décalage angulaire, les rayons issus du point visé arrivent obliques par rapport à l'axe optique et on a donc les deux effets mentionnés plus haut: la distance de focalisation et la position latérale de la composante bleue des rayons diffèrent de celles de la composante rouge. Les yeux étant symétriques par rapport au milieu du visage, les décalages latéraux entre bleu et rouge sont inversés d'un œil à l'autre, et notre cerveau interprète cela comme une différence de distance (*voir l'encadré ci-dessus*).

Un calcul simplifié, en considérant un modèle rudimentaire d'œil avec la cornée comme surface réfractrice, confirme l'ordre de grandeur: la différence de profondeur apparente entre un objet bleu et un objet rouge situés à 80 centimètres des yeux est d'environ 16 millimètres, ce qui correspond bien à l'effet de profondeur perçu.

Reste que certaines personnes ne voient pas l'effet ou le voient inversé. Pourquoi? On s'est aperçu que la sensibilité des cellules rétinienne dépend de l'angle d'arrivée des rayons lumineux sur ces dernières: elle est cinq fois plus élevée pour les rayons qui passent par le centre de la pupille par rapport à ceux qui

DU RELIEF AVEC PAS MAL DE REGARD OBLIQUE...

Quand les rayons lumineux traversent l'œil de façon oblique, le point de focalisation de la composante rouge est non seulement un peu plus distant que celui de la composante bleue, mais les deux points sont aussi décalés latéralement (a). Quand on regarde un point P à une distance donnée (b), les yeux sont en fait dirigés vers un point plus distant afin que l'image de P se forme sur la fovéa, qui est décalée de 5 degrés par rapport à l'axe de l'œil. Les rayons issus de P arrivent alors de façon légèrement oblique par rapport à l'axe de l'œil. Si P est rouge, son image sur la rétine est décalée vers l'extérieur des deux yeux, tandis que si P est bleu, son image est décalée vers l'intérieur des deux yeux. En raison de cette différence angulaire, le cerveau interprète alors le point P rouge comme plus proche que le point P bleu.



passent par sa périphérie. C'est l'effet Stiles-Crawford.

Or à cause du décalage de la fovéa par rapport à l'axe optique, cet effet n'est pas symétrique. Autrement dit, la sensibilité pour les rayons passant par la gauche de la pupille diffère de celle pour les rayons passant par la partie droite. En fin de compte, tout se passe comme si la pupille effective, du point de vue optique, était décalée. Or un décalage de pupille affecte de façon différente les diverses couleurs, car cela revient à changer les angles d'incidence des rayons qui la traversent.

En mesurant cette variation de sensibilité chez diverses personnes, les chercheurs ont trouvé que l'effet Stiles-Crawford agit dans le sens contraire de l'aberration chromatique, jusqu'à éventuellement le compenser voire le surpasser – ce qui explique que, chez certains individus, l'effet de profondeur soit absent ou inverse.

L'explication est confirmée par le fait que lorsque l'image est très lumineuse, cette inversion du relief perçu disparaît. En effet, comme la pupille se contracte en réaction à la forte luminosité, les rayons arrivant sur la rétine ont tous des angles d'incidence à peu près égaux et sont alors tous perçus avec la même sensibilité par les cellules rétinienne; l'effet des aberrations chromatiques, avec le rouge qui jaillit de l'image et son bleu qui s'enfonce, reste alors entier. ■

BIBLIOGRAPHIE

M. Ozolinsh et K. Muizniece, **Color difference threshold of chromostereopsis induced by flat display emission**, *Frontiers in Psychology*, vol. 6, 337, 2015.

J. J. Vos, **Depth in colour, a history of a chapter in physiology optique amusante**, *Clinical and Experimental Optometry*, vol. 91(2), pp. 139-147, 2008.

J. Thompson et al., **Chromostereopsis : A multicomponent depth effect ?**, *Displays*, vol. 14(4), pp. 227-234, 1993.

J. J. Vos, **Some new aspects of color stereoscopy**, *Journal of the Optical Society of America*, vol. 50(8), pp. 785-790, 1960.

DURÉE LIBRE

43 %
de réduction *

L'AUTEUR



HERVÉ LE GUYADER
professeur émérite de biologie
évolutive à Sorbonne Université,
à Paris

LA MOUCHE DE L'AUBÉPINE S'EST POMMÉE

Comment une mouche habituée à parasiter une aubépine a-t-elle si facilement changé d'hôte lorsque le pommier domestique a été introduit dans la région où elle prospérait ? La réponse à cette vieille énigme se trouve sur ses antennes...

La mouche de la pomme (*Rhagoletis pomonella*) devrait en réalité s'appeler la mouche de l'aubépine. C'est en effet sur une espèce courante d'aubépine américaine, *Crataegus mollis*, que cet insecte vivait avant l'arrivée, il y a quatre siècles, du pommier européen (*Malus domestica*) en Amérique du Nord-Est. Ce pommier a pour ancêtre un pommier sauvage (*Malus sieversii*) endémique des montagnes de l'Asie centrale. Il était donc inconnu en Amérique du Nord avant son introduction par les colons. Sur le continent américain, il a d'abord fleuri et fructifié sans parasites, fournissant pendant longtemps de magnifiques récoltes. Puis *Rhagoletis pomonella* l'a infecté. Comment un tel changement d'hôte s'est-il produit ? Ce type d'événement est somme toute banal, mais celui-ci a longtemps intrigué les biologistes de l'évolution, tant le cycle de vie de l'insecte est inféodé à celui de la plante qu'il

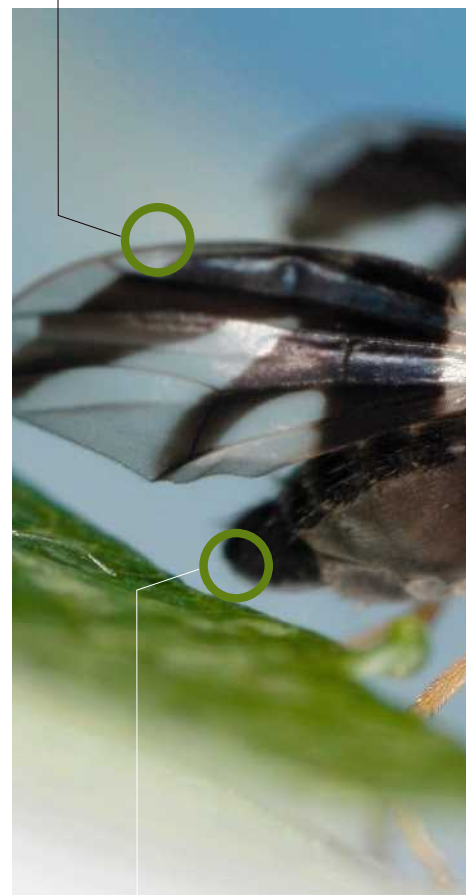
parasite. Récemment, cependant, des études de physiologie comparée ont levé le voile sur les mécanismes à l'œuvre.

UNE FENÊTRE DE QUATRE SEMAINES

Sur l'aubépine, la mouche femelle pond ses œufs sous la peau des fruits, les « cenelles », à raison d'un œuf par baie. Après éclosion, l'asticot s'enfonce dans la pulpe, s'en nourrit et y reste jusqu'à ce que, en automne, le fruit tombe à terre. La larve quitte alors cet abri pour s'enfoncer de quelques centimètres dans le sol, où elle se transforme en une pupa qui reste dormante pendant plusieurs mois. L'adulte (ou imago) éclot vers la mi-septembre et la maturité sexuelle survient une semaine plus tard. Attirés par les cenelles mûres, les insectes y réalisent leurs accouplements. La femelle pond ses œufs et le cycle recommence.

Les cycles de l'hôte et de son parasite doivent coïncider temporellement, car la

Quand elle est menacée, la mouche étend ses ailes et effectue des mouvements qui imitent ceux d'une araignée sauteuse, les rayures de ses ailes apparaissant alors comme des pattes d'araignée.



La femelle dépose les œufs un par un sous la peau du fruit à l'aide de son organe de ponte (ovipositeur). Une femelle pond 300 à 400 œufs durant sa vie.



Hervé Le Guyader a récemment publié : **L'Aventure de la biodiversité**, (Belin, 2018).