By : **Alice Lesage,** Télécom Saint-Etienne & master Advance Imaging and Material Appearance (AIMA), Université Jean Monnet St Etienne (2021)

**Des couleurs extraordinaires chez des animaux terrestres**

Couramment, la couleur d’un objet provient de modifications qu’il cause à la lumière qui l’atteint. Les exceptions étant les phénomènes de corps brillant de leurs propres actions [1]. Le processus le plus commun de coloration d’un matériau est chimique : il est dû à la présence de pigments dans le matériel. Ces pigments absorbent sélectivement la lumière incidente ne permettant la transmission ou diffusion que des longueurs d’onde restantes, c’est la couleur pigmentaire [2]. Ces couleurs ne dépendent que très peu des angles d’incidence de la lumière et d’observation.

Dans la nature et particulièrement dans le règne animal, des phénomènes colorés ne respectant pas ces lois ont été observés. [1]–[9] Ainsi chez certains papillons, coléoptères ou oiseaux, les plumages ailes ou écailles présentent des particularités optiques phénoménales telles que de l’irisation, des couleurs très changeantes avec les angles d’observation et d’éclairage ou encore des couleurs particulièrement vives et métalliques [7].

Ces phénomènes ont d’abord donnée lieu à une grande incompréhension au début du 18e siècle où ils n’étaient pas explicables [3]. Ce sont ensuite deux visions qui se sont opposées avec d’un côté une vision ne faisant entrer en jeu que des phénomène d’absorption et réflexion dites « métalliques » [1], [3], et de l’autre, une vision structurelle, suspectant une origine géométrique des couleurs sans pour autant pouvoir y accéder avec les outils de l’époque [3].

La vision “métallique” reposait sur une grande ressemblance de comportements respectifs vis-à-vis de la lumière d’objets étudiés (comme les ailes de papillons morpho) avec des films fins d’aniline [1]. Il en découlait qu’une fine couche d’un matériel aux caractéristiques proches de l’aniline devait recouvrir ces ailes et être responsable des phénomènes colorés observés. Cependant un comportement des ailes invalide cette hypothèse : une fois plongée dans une solution d’indice optique précis, les phénomènes de couleurs cessent immédiatement pour laisser une aile grise et reviennent une fois l’aile émergée [1] [9]. Ce phénomène vient en revanche soutenir l’hypothèse d’une structure ouverte sur l’extérieur et pouvant se remplir.

Avec l’arrivée d’outils plus puissant tels que le microscope électronique, et la combinaison de nombreux moyens comme la spectroscopie à rayons X à dispersion d’énergie, la microscopie à force atomique ou la spectroscopie infrarouge [8], la structure des ailes du papillon morpho a pu être approchée révélant des écailles avec stries parallèles et régulières doublées à une structure plus complexe en sapin qui forme un système de couches minces [10].

Ainsi, les structures de nombreux plumages ou ailes d’animaux ont pu être observées mais elles ne suffisent pourtant pas à définir à elles seules la coloration de ces bios-tissus [2]. Les phénomènes de diffraction et d’interférence doivent être combinés à des phénomènes pigmentaires pour réussir à décrire les propriétés optiques observées [11]. La présence de pigments permet par exemple l’absorption de la lumière diffuse et donc l’augmentation de la saturation et de l’irisation de la lumière réfléchie [2]. Il a aussi été étudié que l’extraction de pigments jaunes dans les plumes d’une perruche Master AIMA, St Etienne, 2021 a conduit à des changements de couleurs plus forts qu’attendus sur l’ensemble des plumes, mettant en évidence leur rôle important [6].

Des recherches restent toujours à conduire sur les rôles isolés et combinés des matériaux composant les bio-tissus ainsi que les rôles de leurs structures dans leurs caractéristiques chromatiques et optiques [5].

Ces recherches peuvent permettre la mise en place de logiciels de rendus physiques réalises de ces différents bio-tissus en connaissant les propriétés des matériaux et leurs structures. Les nanostructures simulées peuvent être l’empilement de couches minces par exemple pour le papillon morpho [10] ou encore les cristaux photoniques ou les nanostructures à kératine [4]. Enfin ces recherches sont très utiles dans les domaines de l’automobile, la cosmétique ou le textile où des rendus scintillants, brillants ou iridescents permettent de développer l’offre commerciale [9] [10]. Dans l’automobile par exemple, des pigments à effet composés de paillettes et différentes couches de vernis d’épaisseurs variantes permettent d’obtenir des effets visuels très intéressants [10].

**Références**

[1] A. A. Michelson, « LXI. On metallic colouring in birds and insects », Lond. Edinb. Dublin Philos. Mag. J. Sci., vol. 21, no 124, p. 554‑567, avr. 1911, doi: 10.1080/14786440408637061.

[2] M. D. Shawkey, N. I. Morehouse, et P. Vukusic, « A protean palette: colour materials and mixing in birds and butterflies », J. R. Soc. Interface, vol. 6, no suppl\_2, p. S221‑S231, avr. 2009, doi: 10.1098/rsif.2008.0459.focus.

[3] S. Berthier, Iridescences, les couleurs physiques des insectes. Springer Science & Business Media, 2003.

[4] D. G. Stavenga, J. Tinbergen, H. L. Leertouwer, et B. D. Wilts, « Kingfisher feathers – colouration by pigments, spongy nanostructures and thin films », J. Exp. Biol., vol. 214, no 23, p. 3960‑3967, déc. 2011, doi: 10.1242/jeb.062620.

[5] P. Vukusic, J. R. Sambles, C. R. Lawrence, et R. J. Wootton, « Quantified interference and diffraction in single Morpho butterfly scales », Proc. R. Soc. Lond. B Biol. Sci., juill. 1999, doi: 10.1098/rspb.1999.0794.

[6] L. D’Alba, L. Kieffer, et M. D. Shawkey, « Relative contributions of pigments and biophotonic nanostructures to natural color production: a case study in budgerigar (Melopsittacus undulatus) feathers », J. Exp. Biol., vol. 215, no 8, p. 1272‑1277, avr. 2012, doi: 10.1242/jeb.064907.

[7] D. Osorio et A. Ham, « Spectral reflectance and directional properties of structural coloration in bird plumage », J. Exp. Biol., vol. 205, p. 2017‑27, août 2002.

[8] J. Sackey, Z. Y. Nuru, B. T. Sone, et M. Maaza, « Structural and optical investigation on the wings of Idea malabarica (Moore, 1877) », IET Nanobiotechnol., vol. 11, no 1, p. 71‑76, 2017, doi: <https://doi.org/10.1049/iet-nbt.2016.0049>.

[9] S. Kinoshita et S. Yoshioka, « Structural Colors in Nature: The Role of Regularity and Irregularity in the Structure », ChemPhysChem, vol. 6, no 8, p. 1442‑1459, août 2005, doi: 10.1002/cphc.200500007.

[10] S. Dumazet, « Modélisation de l’apparence visuelle des matériaux: Rendu Physiquement réaliste », p. 132. [11] S. Kinoshita, S. Yoshioka, et J. Miyazaki, « Physics of structural colors », Rep. Prog. Phys., vol. 71, n o 7, p. 076401, juin 2008, doi: 10.1088/0034-4885/71/7/076401