By : **Maëlle Vilbert**, Institut d’Optique Graduate School & master Advance Imaging and Material Appearance (AIMA), Université Jean Monnet St Etienne (2018)

**Patrons d’interférence optique (WIPs)**

**Contexte**

Membre de la très large et diverse classe des insectes, l’ordre des Lépidoptères (ou papillons) se distingue par la taille significative des ailes des individus par rapport à celle de leur corps ; les ailes constituent par là un médium de communication visuelle privilégié pour les papillons, à destination de leurs pairs ou de leurs prédateurs. Pour cela, diverses stratégies adaptatives sont à l’œuvre : camouflage, aposématisme et mimétisme sont phylogénétiquement très répandus et s’expriment avec une grande variabilité au sein des lépidoptères, dans un équilibre souvent subtil lié à des divergences évolutives à différents stades. Dans le cas du projet CLEARWING qui porte sur l’étude de papillons sud-américains aux ailes partiellement transparentes, ce message visuel est particulièrement ambigu et soulève de nombreuses problématiques biologiques. La question qui m’intéresse ici est celle des figures d’interférence observables dans ces zones transparentes : sont-elles une conséquence fortuite de la structure en couche mince de la membrane, ou bien font-elles partie intégrante d’un signal visuel stable porté par l’aile ?

**Patrons d’interférence optique sur des ailes transparentes**

Si l’observation d’iridescence dans la nature liée à des structures en couche mince est un phénomène bien connu des physiciens [1-3] et des biologistes [4-8], cela fait moins d’une dizaine d’années qu’ont été décrits des patrons d’interférence stables sur les ailes transparentes de certains insectes, qui constituent un signal visuel caractéristique de l’espèce, soumis à sélection évolutive [9]. La dénomination anglaise qualifie ces motifs de « WIPs », ou Wing Interference Patterns. Cette stabilité des motifs d’interférence sur les ailes transparentes d’insectes peut sembler étonnante de prime abord, car elle repose sur la robustesse structurelle d’une membrane de moins d’un micron d’épaisseur [10,11]. Cependant, il existe de solides démonstrations empiriques de l’existence de ces WIPs, développées dans le cadre de travaux basés sur l’étude statistique de très larges corpus de spécimens : les patrons d’interférence apparaissent comme un outil pertinent pour l’identification, entre autres, d’abeilles [12-13], de cigales [14] et de drosophiles [15].

A ce titre, les WIPs sont l’objet d’applications très concrètes, comme le brevet déposé en 2016 par Sereno et al. qui décrit un dispositif embarqué dédié à l’identification sur le terrain de diptères hématophages (ou moustiques) susceptibles de véhiculer des maladies infectieuses, via la comparaison immédiate des WIPs d’une aile « fraîche » avec une base de données comprenant 514 patrons d’interférences pour 15 espèces de moustiques [16]. Des outils de Deep Learning sont actuellement exploités pour améliorer ce genre d’applications [18]. Par ailleurs, de nouveaux projets portent sur l’étude d’autres insectes aux ailes transparentes — les libellules [18] et papillons [projet CLEARWING] — afin d’estimer si l’outil WIPs est pertinent dans leurs cas.

**Références**

1. Kubota, H. VI Interference Color in Progress in Optics 1, 211–251 (Elsevier, 1961).

2. Parker, A. R. 515 million years of structural colour. Journal of Optics A: Pure and Applied Optics 2, R15–R28 (2000).

3. Vukusic, P. & Sambles, J. R. Photonic structures in biology. 424, 5 (2003).

4. Song, F., Xiao, K. W., Bai, K. & Bai, Y. L. Microstructure and nanomechanical properties of the wing membrane of dragonfly. Materials Science and Engineering: A 457, 254–260 (2007).

5. Stavenga, D. G., Tinbergen, J., Leertouwer, H. L. & Wilts, B. D. Kingfisher feathers - colouration by pigments, spongy nanostructures and thin films. Journal of Experimental Biology 214, 3960–3967 (2011).

6. Stavenga, D. G., Matsushita, A., Arikawa, K., Leertouwer, H. L. & Wilts, B. D. Glass scales on the wing of the swordtail butterfly Graphium sarpedon act as thin film polarizing reflectors. Journal of Experimental Biology 215, 657–662 (2012).

7. Stavenga, D. G., Leertouwer, H. L. & Wilts, B. D. Coloration principles of nymphaline butterflies - thin films, melanin, ommochromes and wing scale stacking. Journal of Experimental Biology 217, 2171–2180 (2014).

8. Stavenga, D. G. et al. Classical lepidopteran wing scale colouration in the giant butterfly-moth Paysandisia archon. PeerJ 6, e4590 (2018).

9. Shevtsova, E., Hansson, C., Janzen, D. H. & Kjaerandsen, J. Stable structural color patterns displayed on transparent insect wings. Proceedings of the National Academy of Sciences 108, 668–673 (2011).

10. Nixon, M. R., Orr, A. G. & Vukusic, P. Subtle design changes control the difference in colour reflection from the dorsal and ventral wing-membrane surfaces of the damselfly Matronoides cyaneipennis. Optics Express 21, 1479 (2013).

11. Stavenga, D. G. Thin Film and Multilayer Optics Cause Structural Colors of Many Insects and Birds. Materials Today: Proceedings 1, 109–121 (2014).

12. Shevtsova, E. & Hansson, C. Species recognition through wing interference patterns (WIPs) in Achrysocharoides Girault (Hymenoptera, Eulophidae) including two new species. ZooKeys 154, 9–30 (2011).

13. Shevtsova, E. Seeing the invisible: evolution of wing interference patterns in Hymenoptera, and their application in taxonomy. Doctoral thesis (Univ, 2012).

14. Simon, E. Preliminary study of wing interference patterns (WIPs) in some species of soft scale (Hemiptera, Sternorrhyncha, Coccoidea, Coccidae). ZooKeys 319, 269–281 (2013).

15. Katayama, N., Abbott, J. K., Kjærandsen, J., Takahashi, Y. & Svensson, E. I. Sexual selection on wing interference patterns in Drosophila melanogaster. Proceedings of the National Academy of Sciences 111, 15144–15148 (2014).

16. Dépôt de brevet n°WO2016/097499A par Sereno et al. Système et procédé d’identification de diptères hématophages (2016).

17. Souchaud, M. et al. Mobile Phones Hematophagous Diptera Surveillance in the ﬁeld using Deep Learning and Wing Interference Patterns. Conference Paper (2018).

18. Brydegaard, M., Jansson, S., Schulz, M. & Runemark, A. Can the narrow red bands of dragonflies be used to perceive wing interference patterns? Ecology and Evolution 8, 5369–5384 (2018).