De la transparence chez les papillons

Maëlle Vilbert et Charline Pinna Colloque Ile-de-Science 16 avril 2019





L'Institut de Systématique, Évolution, Biodiversité

La transparence en milieu aérien

Contraintes de l'environnement et adaptation



« Transparence terrestre »



Rigidité de l'aile

Hydrophobie Auto-nettoyage

Thermorégulation

Résistance aux UV

Dispositif antireflets

La transparence en milieu aérien

Contraintes de l'environnement et adaptation



« Transparence terrestre »



Rigidité de l'aile

Hydrophobie Auto-nettoyage

Thermorégulation

Résistance aux UV

Dispositif antireflets

- ➔ Comment la transparence est-elle réalisée ?
- ➔ Comment la réflexion de la lumière est-elle limitée dans les zones transparentes des ailes ?

I – Caractériser les structures

Morphologie des papillons



Morphologie des papillons



















Loupe binoculaire





Loupe binoculaire

Caractérisation : Type et couleur d'écailles

Microscope Électronique à Balayage (MEB), vue du dessus



→ Caractérisation micrométrique : Type d'insertion Densité d'écailles

Microscope Électronique à Balayage (MEB), vue du dessus



→ Caractérisation micrométrique : Type d'insertion Densité d'écailles



Caractérisation nanométrique :
Densité des nanostructures
Taux de couverture de la membrane par la cire

Microscope Électronique à Balayage (MEB), vue en coupe



→ Caractérisation micrométrique : Type d'insertion Longueur, épaisseur des écailles

Microscope Électronique à Balayage (MEB), vue en coupe



 → Caractérisation micrométrique : Type d'insertion
Longueur, épaisseur des écailles





Caractérisation nanométrique :
Épaisseur de la membrane
Dimensions caractéristiques des nanostructures

Mesure de la transparence



Mesure de la transparence



II – Relation entre structures
et propriétés optiques

Conséquence des écailles sur la transparence

Transparence



Diminution de la couverture







Methona curvifascia



Vila azeca cacica

→ Moins la membrane est recouverte, plus l'aile est transparente.

Conséquence des nanostructures sur la transparence



Transparence



→ Moins les nanostructures sont denses, plus l'aile est transparente.

Conséquence des nanostructures sur la transparence



Cephonodes hylas



→ Les nanostructures ont un effet antireflets, ce qui favorise la transparence.



III – Modélisation des nanostructures



« Adaptation d'indice »



« Adaptation d'indice »



Raguin & Morris, Applied Optics (1993)



Raguin & Morris, Applied Optics (1993)



Greta oto



Nanostructures à la surface de la membrane







Greta oto



Nanostructures à la surface de la membrane





Modélisation de la réflectance de l'aile en fonction de la longueur d'onde



Siddique et al., Nature Com (2015)

Encore d'autres piliers :



Modélisation de la réflectance de l'aile



Encore d'autres plots :



Modélisation de la réflectance de l'aile

→ Une forte variabilité dans la hauteur des piliers renforce l'effet antireflets spectralement & angulairement.

Diversité des nanostructures chez les Ithomiini



IV - Conclusion

Il y a une grande diversité de structures impliquées dans la transparence des ailes, avec plus ou moins de succès.



La forme de ces structures s'inscrit dans une histoire phylogénétique et résulte des différentes pressions de sélection.



Dellieu et al., Journal of Applied Physics (2014)



NR Agence Nationale de la Recherche



Human Frontier Science Program

Remerciements

Collaborateurs & collaboratrices



Florence Prunier

Marianne Elias

Céline Houssin



Doris Gomez



Stephan Borensztajn





Willy Daney de Marcillac

Serge Berthier







Christine Andraud

MERCI POUR VOTRE ATTENTION

Annexe 1.1 – Modélisation de la membrane transparente



Supplementary Fig. 4 | The schematic of the optical effects due to a back surface. The internal path of light within the absorbing thin glasswing membrane is shown.

Annexe 1.2 – Modélisation de la membrane transparente

Méthode des matrices de transfert pour l'empilement de couches minces des nanostructures



D'où la relation :

$$\begin{pmatrix} I_0(\theta_0) \\ J_0(\theta_0) \end{pmatrix} = \mathbf{F}_{01}(\theta_0) \mathbf{L}_1(\theta_1) \mathbf{F}_{12}(\theta_1) \mathbf{L}_2(\theta_2) \mathbf{F}_{23}(\theta_2) \begin{pmatrix} I_3(\theta_3) \\ J_3(\theta_3) \end{pmatrix}$$

Hébert. « Optical models for color reproduction ». Cours IOGS (2013)

Siddique et al. « The Role of Random Nanostructures for the Omnidirectional Anti-Reflection Properties of the Glasswing Butterfly », Nature Coms (décembre 2015)

Annexe 2 – Iridescence and interspecific communication



Wing Interference Patterns of different *Drosophila* species

Shevtsova et al., PNAS (2011)

Female drosophila prefer some iridescent patterns
→ Able to detect + sexual selection
→ Intraspecific communication

Katayama et al., PNAS (2014)



Iridescent pattern on the wings of *Greta oto* butterfly