

Analyse de la polarisation de la lumière réfléchie par la carapace d'un insecte

d'après

« Polarization Imaging and Insect Vision »

A.S. Green, P.R. Ohmann, N.E. Leininger, J.A. Kavanaugh

The Physics Teacher, vol 48, January 2010, p.17

I Objectif :

Nous allons mettre en évidence la polarisation de la lumière réfléchie sur le dos d'un insecte grâce à deux photographies en lumière polarisée et un traitement d'image.

Les yeux des insectes sont sensibles à la polarisation de la lumière, elle les aide à s'orienter et participe à la reconnaissance des insectes entre eux. Ainsi, le dos de certains insectes (scarabées, papillons) modifie la polarisation de la lumière incidente.

Les yeux des humains ne sont pas sensibles à cette polarisation, et pour déterminer les zones polarisantes sur le dos de l'insecte, nous allons mettre en place un banc de mesure et un traitement d'image.

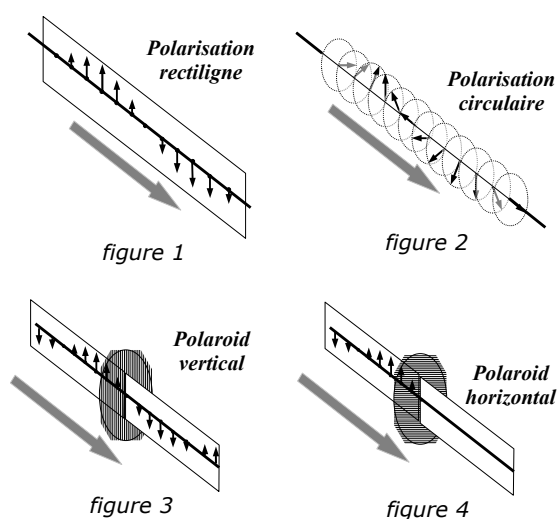
II Polarisation de la lumière.

La lumière est une onde transversale, une « espèce de vague » qui se propage dans le vide ou les milieux transparents.

Comme une vague sur l'eau, une onde lumineuse est une perturbation qui modifie transversalement le milieu, par rapport à la direction de la propagation. Mais comme la lumière se propage en 3D, toutes les directions transversales possibles sont dans un plan. Et on peut donc avoir plusieurs types d'ondes :

- une onde polarisée rectiligne (fig. 1)
- une onde polarisée circulaire (fig. 2)

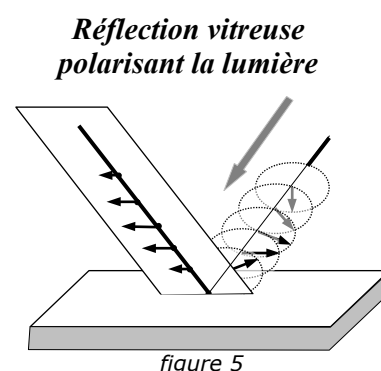
Pour analyser la polarisation, nous utiliserons un polaroid qui laisse passer uniquement une seule direction de polarisation (fig. 3 et fig. 4)



III Comment polariser la lumière, différents types de réflexions.

Observons à travers le polaroid la lumière du jour qui se réfléchit sur des objets de la salle de cours. Tournons le polaroid sur son axe et observons les éventuelles variations d'intensité lumineuse.

Type de surface	Variation d'intensité lumineuse ?	Conclusion
Surface brillante, de type vernis, plastique, verre ...		
Surface brillante, de type métallique (aluminium, chrome, acier ...)		



IV Mise en place du banc de mesure et prises de vues

On réalise le montage suivant (fig. 6) :

- 1- On place à proximité des insectes un morceau de verre ou de plastique
- 2-Tourner le polaroid de manière à avoir un minimum d'intensité.
- 3-Prendre la première photographie. Ne surtout pas bouger l'appareil photo !
- 4-Tourner le polaroid de manière à avoir un maximum d'intensité.
- 5-Prendre la deuxième photographie.
- 6-Transférer les deux images sur un PC pour réaliser la suite de l'expérience.

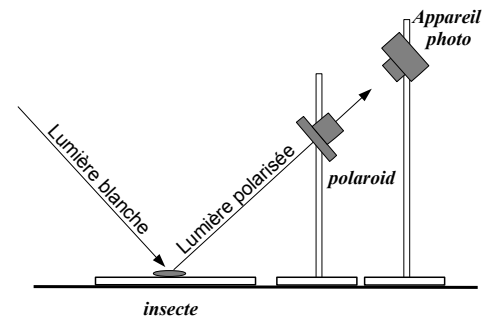


figure 6

V Principe de l'analyse des images.

Chaque pixel des deux image a mesuré l'intensité réfléchi par une zone particulière sur le dos de l'insecte.

Si l'intensité $I_H(x,y)$ représente l'intensité d'un point en (x,y) sur l'image pour le polaroid tourné à l'horizontal (fig. 7a) et si l'intensité $I_V(x,y)$ représente l'intensité d'un point en (x,y) sur l'image pour le polaroid tourné à la verticale (fig. 7b), alors on va pouvoir calculer le Degré de Polarisation Horizontale par rapport à la polarisation Vertical de la lumière mesurée en (x,y) , noté DPO_{HV} grâce à la formule :

$$DPO_{HV} = \frac{|I_H - I_V|}{I_H + I_V}$$

- Si la polarisation ne change pas, alors $I_H = I_V$ et $DPO_{HV} = 0$.
- Si la lumière est très polarisée $I_H \gg I_V$ (ou $I_V \gg I_H$) et $DPO_{HV} = 1$.

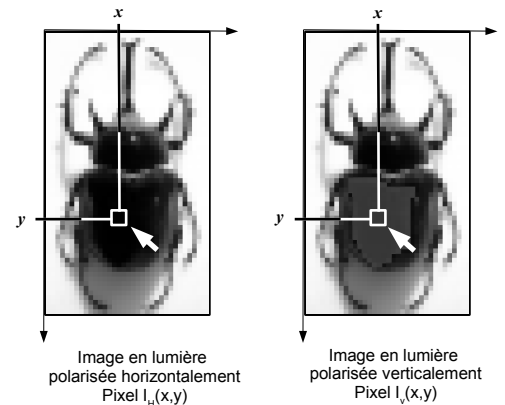


figure 7a et figure 7b

On va donc calculer DPO_{HV} pour chaque pixel sur l'image de l'insecte.

On obtiendra une nouvelle image, où les points brillants seront les zones lumineuses fortement polarisées, et les points sombres, les zones faiblement polarisées

Les différentes étapes du traitement d'image sont présentées sur la fig.8.

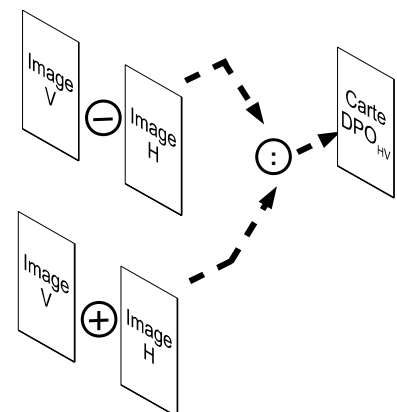


figure 8

VI Analyse d'image.

Nous utiliserons le logiciel libre ImageJ .

ImageJ peut être installé sur le PC et se télécharge ici : <http://rsbweb.nih.gov/ij/download/zips/ij142.zip> .

On peut également démarrer une applet Java Web Start en se connectant sur : <http://rsbweb.nih.gov/ij/ImageJ.jnlp> .

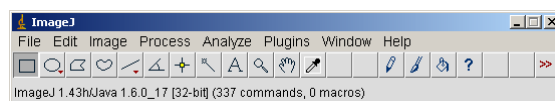


figure 9

On a l'interface graphique suivante qui s'affiche (fig. 9).

1- Charger les **deux** photographies des insectes (Menu **File>Open** et choisir chaque image)

2- **Pour chaque image**, transformer l'image couleur en image en niveaux de gris (Menu **Image>Type>32-bit**)

3- Calculons une nouvelle image, correspondant à la différence des deux images initiales . Aller dans Menu **Process>Image Calculator**, et dans l'écran qui s'affiche choisir les deux images initiales et l'opération **Difference**. Cocher également les deux cases « Create New Window » et « 32-bit (float) Result » (fig. 10)

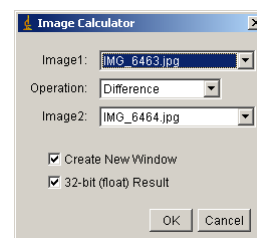


figure 10

4- Renommer la nouvelle image ainsi obtenue (par exemple « différence ») en allant dans Menu **Image>Rename**

5- Calculons une nouvelle image, correspondant à la somme des deux images initiales . Aller dans Menu **Process>Image Calculator**, et dans l'écran qui s'affiche choisir les deux images initiales et l'opération **Add**. Cocher également les deux cases « Create New Window » et « 32-bit (float) Result » (fig. 11)

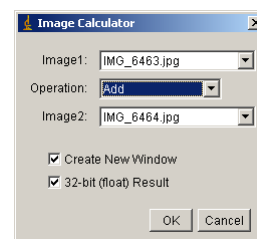


figure 11

6- Renommer la nouvelle image ainsi obtenue (par exemple «addition») en allant dans Menu **Image>Rename**

7- Calculons une nouvelle image, correspondant à la division des deux images « différence » et « addition » . Aller dans Menu **Process>Image Calculator**, et dans l'écran qui s'affiche choisir les deux images initiales et l'opération **Divide**. (fig. 12)

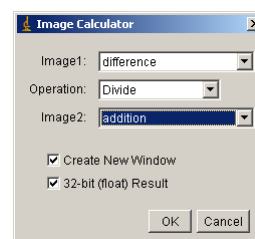


figure 12

8- Renommer la nouvelle image ainsi obtenue (par exemple «resultat») en allant dans Menu **Image>Rename**

9- Nous pouvons modifier la LUT (Look-up Table) pour afficher les variations d'intensité en fausse couleur. Menu **Image>Lookup Tables** et choisir les fausses couleurs.

VII Conclusion

Sur la page 4, dessinez au crayon l'insecte (comme en SVT) puis sur un schéma identique à coté, dessinez les zones sur l'insecte qui modifient le plus la polarisation de la lumière.

Schéma, en lumière visible

Schéma, en lumière polarisée