

La hiérarchie des structures évoquée pour les ailes d'un papillon existe également dans les tissus, pratiquement aux mêmes échelles : un tissu « standard » est composé de fils entrelacés à l'échelle millimétrique, et chaque fil, en général cylindrique, d'un diamètre de l'ordre d'une centaine de micromètres, résulte du filage d'une soixantaine de brins, eux aussi cylindriques et d'un diamètre de l'ordre de 10 micromètres. Ainsi existe-t-il des analogies entre les brins et les stries, les fils et les écailles, le tissu et les ailes. Or, nous avons montré que, chez les papillons, l'iridescence naît dans la structure en couches régulières des stries. Par conséquent, c'est sur le brin cylindrique d'un tissu que l'on a imaginé de créer un effet d'iridescence : on enrobe les brins d'une structure interférentielle, composée de couches minces dont l'épaisseur et l'indice optique sont appropriés. Cette

solution, fondée sur le phénomène d'interférences, semble aujourd'hui plus facilement réalisable qu'une solution qui reposerait sur le phénomène de diffraction.

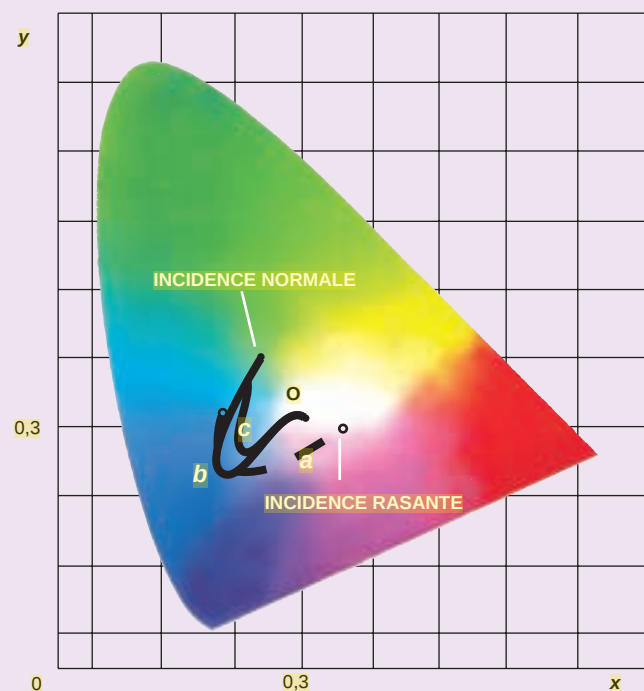
Du brin au tissu

Pour prévoir l'aspect d'un tissu fabriqué avec des brins recouverts d'une tel revêtement, nous l'avons modélisé. On commence par étudier le problème sur une structure simplifiée qui se prête assez facilement à un calcul exact : on utilise une couche mince, à faces planes et parallèles, dont l'épaisseur est égale à 10 micromètres et qui joue le rôle du brin textile (voir la figure 3). On utilise alors des lois de l'optique des couches minces, comme on le fait pour la conception des traitements multicouches des lentilles des objectifs photographiques ou des lunettes, par exemple. Ici, nous

cherchons, avec un nombre minimal de couches minces, à obtenir un effet d'iridescence maximal, c'est-à-dire une variation de couleurs dans un domaine spectral aussi large que possible, lorsque l'angle d'observation varie de 0 degré (c'est l'incidence normale) à 90 degrés (c'est l'incidence rasante).

Les procédés de fabrication imposent une épaisseur minimale pour les dépôts (de l'ordre de 100 nanomètres) et la nature des matériaux utilisables, c'est-à-dire des indices optiques compris entre 1,4 et 1,7. On sait définir, par le calcul, les paramètres expérimentaux, tels l'épaisseur et l'indice optique des couches, qui donneront une iridescence centrée sur une couleur donnée. En jouant sur ces paramètres et sur le nombre de couches, on augmente ou on diminue à volonté la pureté de la teinte (son aspect « délavé »), ainsi que l'intensité de l'effet (la luminosité de la

qui fait la subtilité de la perception visuelle d'un effet coloré. Le paramètre principal, qui n'est pas pris en compte dans cette quantification, est la texture du matériau coloré qui peut modifier la perception de la couleur. Les caractéristiques psycho-sensorielles de l'observateur, sa culture, son éducation, certaines maladies, par exemple, modifient aussi la perception. Toutefois,



avec le *spectrum locus*. À chaque point de la courbe d'iridescence d'une aile de papillon *Morpho menelaus* (a) correspond un angle d'incidence particulier, de l'incidence normale à l'incidence rasante. La courbe d'iridescence d'un modèle de tissu simplifié (b) et celle d'un modèle plus élaboré (c) sont proches de la courbe d'iridescence du papillon.

pour un matériau donné, ayant une texture donnée, cette qualification par trois variables est généralement suffisante pour assurer la reproductibilité industrielle d'une teinte.

Les trois grandeurs colorimétriques x , y , Z associées à chaque point du diagramme chromatique portent, de manière intégrée, l'information sur la répartition spectrale de la lumière qui a pénétré dans l'œil. Cette répartition est celle de la lumière qui a servi à éclairer le tissu étudié, modifiée par le spectre de réflexion du tissu : la couleur d'un tissu dépend de l'éclairage sous lequel on l'observe (lumière du jour ou lumière artificielle). Ainsi, le spectre de réflexion du tissu dépend de l'angle sous lequel il est éclairé ou observé. La variation de couleur qui en résulte constitue le phénomène d'iridescence que l'on peut ainsi étudier de façon quantitative. La courbe d'iridescence d'un objet est l'ensemble des couleurs de cet objet observé sous des incidences variables, de l'incidence normale à l'incidence rasante. Pour prévoir l'aspect d'un tissu dont la structure microscopique a été conçue pour ressembler à celle des ailes de papillons, on calcule sa courbe d'iridescence. Lorsque la structure est très simplifiée (b), le calcul prédit un effet d'iridescence qui s'étend du vert au bleu, de l'incidence normale à l'incidence rasante. La pureté de la teinte se dégrade aux angles d'observation élevés, pour tendre vers le blanc sous une incidence rasante. Toutefois, la luminosité des teintes observées reste satisfaisante, puisque l'intensité de la lumière réfléchie reste comprise entre 7 et 20 pour cent de l'intensité de lumière incidente.

Quand on considère une structure de tissu plus complexe, et plus proche de la réalité, on obtient une courbe d'iridescence (c) un peu plus réduite vers les grandes longueurs d'onde. Elle s'étend maintenant du vert-bleu au bleu. La pureté des teintes diminue un peu, notamment aux incidences moyennes, vers 45 degrés. En revanche, la luminosité du phénomène n'est pratiquement pas modifiée. Les courbes d'iridescence obtenues avec un tissu simplifié et avec un tissu plus proche de la réalité ressemblent à la courbe d'iridescence d'une aile de papillon *Morpho menelaus* (a) : la gamme des teintes et les puretés sont comparables.