



James M. Vreeland Jr.

**6. DES CAPSULES DE COTON** naturellement coloré recouvrent une tombe précolombienne dans la vallée de Chancay, au Pérou. Les anciennes populations de cette zone côtière emplissaient le corps du défunt avec du coton, qui, absorbant les fluides corporels, participait à la momification. Les sables arides de la région ont préservé le coton (retiré du corps lors du pillage de cette tombe).

avait été fortement réduite, les variétés colorées avaient été abandonnées par les agriculteurs indiens ou détruites par les nombreux organismes pathogènes apparus avec le développement de la culture du coton. Même la survie du coton commercial blanc était gravement menacée. En 1990, un nouveau Code de l'environnement a finalement interdit l'arrachage des plants de coton coloré. Toutefois, l'emploi massif des phytosanitaires continue.

Progressivement, nous avons retrouvé des souches de coton naturellement coloré. Aujourd'hui, nous conservons 75 variétés de diverses couleurs. Les 15 000 agriculteurs qui les cultivent forment, de loin, le premier groupe mondial de producteurs de fibres naturellement colorées.

La majorité d'entre eux utilisent des méthodes biologiques : ils éliminent

les gros insectes à la main (les enfants noient souvent les insectes dans des récipients pleins d'eau) et ils cultivent des plantes qui repoussent les insectes. Ces techniques sont anciennes : vers 1250, le coton était déjà cultivé en alternance avec un cousin des citrouilles. En outre, dans des échantillons de sols anciens, on a trouvé des

pollens d'une autre plante, un buisson considéré comme inutile par la plupart des paysans. Après des années d'enquête, un octogénaire nous a indiqué qu'il cultivait un rang de cette plante, nommée mastrante, près de ses plants de coton indigène, afin de lutter contre la punaise rouge du cotonnier (*Dysdercus peruvianus*), qui perfore les graines, libérant des huiles qui tachent la capsule : il en coupait régulièrement plusieurs pieds, les séchait au soleil et, quand le vent était favorable, il les enflammait ; la fumée âcre qui s'en dégageait traversait le champ de coton, chassant instantanément les punaises.

Depuis 1993, une entreprise textile d'Arequipa commercialise dans le monde entier des produits en coton naturellement coloré. Les produits de la marque *Pakucho* («coton brun» dans l'ancienne langue inca), en coton coloré, portent le label biologique de l'organisme de contrôle hollandais *Skal*. La culture du coton évite la production de coca pour la cocaïne. Cette année, les exportations péruviennes de coton naturellement coloré dépassent les 100 millions de francs.

D'autres projets semblables sont apparus en Amérique latine. Dans les collines de Santander, en Colombie, un petit groupe de producteurs a rétabli le filage et le tissage du coton indigène pour un projet de développement rural. Sur les plateaux du Guatemala, le Muséum d'Ixchel dirige un projet de renouveau dans des communautés où le filage traditionnel du coton brun, ou *ixcoco*, avait quasi disparu. Dans l'Est bolivien, les Indiens Chiquitano espèrent aussi faire renaître la culture du coton naturel. Le coton Sud-américain, qui a conquis le monde en blanc grâce à la qualité de ses fibres, s'imposera-t-il bientôt aussi en couleur ?

James VREELAND conduit des recherches sur les textiles anciens au Pérou.

John GILLIN, *Moche : A Peruvian Coastal Community*, Institute of Social Anthropology, Publication n° 3, Smithsonian Institution, Washington, D.C., U.S. Government Printing Office, 1947.

Paul A. FRYXELL, *The Natural History of the Cotton Tribe* (Malvaceae, Tribe Gossypieae), Texas A&M Press, 1979.

J.M. VREELAND, *Naturally Colored and Organically Grown Cottons : Anthropological and Historical Perspectives*, in *Proceedings of the 1993 Beltwide Cotton Conferences*, National Cotton Council of America, 1993.

J.F. WENDEL, *Cotton*, in *Evolution of Crop Plants*, sous la direction de J. Smartt et N.W. Simmonds, John Wiley & Sons, 1995.



A high-magnification microscopic image of a textile, showing a complex, braided or woven structure. The fibers are dyed in vibrant colors: bright blue, magenta, yellow, and green. The fibers are tightly packed and interlaced, creating a dense, textured appearance. The lighting highlights the individual strands and the overall three-dimensional structure of the fabric.

**PHYSIQUE ET TEXTILES**

**Physique et textiles**



# La mécanique des tissus

JEAN-FRANÇOIS GANGHOFFER • MASSIMO MAGNO

*Le comportement des tissus est dû à l'interaction des fils de chaîne et des fils de trame. Une analyse du tissu modélisé par un réseau de poutres, et l'utilisation de l'analyse non standard rendent compte des déformations dues aux efforts de traction. Ces modèles sont utiles en confection.*

Les structures tissées ont aujourd'hui des applications de pointe (nappes géotextiles, prothèses vasculaires, blindages) qui prolongent les applications plus classiques. Les textiles sont surtout utiles parce qu'ils se déforment beaucoup (plusieurs fois leurs dimensions initiales) et s'adaptent ainsi à des variations de forme importantes, telles celles qui sont imposées par les mouvements du corps humain.

Pourquoi ces propriétés de déformation ? Parce qu'ils sont constitués d'un réseau de fils entrelacés, les fils de chaîne et les fils de trame, qui glissent les uns contre les autres. Plus précisément, le comportement macroscopique des textiles résulte d'une combinaison de mécanismes de déformation qui se produisent sur une gamme d'échelles étendue (voir la figure 1), de l'échelle microscopique (le fil) à l'échelle macroscopique (la structure). L'échelle mésoscopique, intermédiaire, est celle de quelques ondulations d'un fil, où l'on observe, par exemple, les plis formés par un tissu.

Afin de comprendre et de prévoir le comportement des tissus en fonction de l'armure et de la nature des fils (l'armure est le type d'entrecroisement des fils de chaîne et de trame), afin de choisir le fil et l'armure adaptés aux applications, des équipes de mathématiciens et de mécaniciens cherchent ensemble des modèles mécaniques des structures tissées, à l'échelle mésoscopique. À Mulhouse, avec Marc Renner, de l'École nationale supérieure des industries textiles, nous avons obtenu de telles descriptions en modélisant un fil, puis en remontant à l'échelle du réseau de fils

entrelacés. C'est l'approche «micro-mécanique». Par ailleurs, les mathématiques non standard ont donné, lors du passage du fil au tissu, des informations inaccessible autrement. Ces descriptions ont été complétées par des modélisations des grandes déformations et, notamment, des courbures imposées par la réunion des pièces de tissu en structures complexes, telles que les vêtements.

## Singulier comportement

Avant d'étudier les modélisations, examinons quelques aspects du comportement des tissus, mis en évidence par des essais mécaniques simples. Les déformations des tissus apparaissent nettement quand on enregistre une courbe de traction unidirectionnelle, c'est-à-dire quand on mesure l'allongement d'un tissu que l'on tire dans une direction. La courbe présente une allure en J, où apparaissent trois domaines, associés à autant de mécanismes de déformation (voir la figure 2).

Le premier domaine, la partie plate de la courbe, résulte de l'annulation des bosselures du tissu à l'échelle macroscopique sous faible traction : une petite traction engendre un allongement notable.

Dans le deuxième domaine, le fil sollicité perd son ondulation, sans que sa longueur change ; c'est un phénomène purement géométrique, la variation angulaire de la ligne moyenne du fil, qui conduit à elle seule à un allongement de plusieurs dizaines de pour cent. La perte d'ondulation du fil sollicité s'accompagne, à l'inverse, d'un gain d'ondulation du fil transverse :

ce transfert d'ondulation résulte du couplage des fils de chaîne et des fils de trame.

En conséquence, le tissu rétrécit dans la direction transverse ; le rapport entre la déformation transverse et la déformation dans la direction de sollicitation définit ce que l'on nomme le coefficient de contraction, ou coefficient de liage (l'équivalent de ce que les spécialistes de mécanique des milieux continus nomment coefficient de Poisson). Compris entre 0 et 0,5 pour les milieux continus, ce coefficient est supérieur à 100 pour certains textiles (dans le sens de l'épaisseur, on observe parfois un comportement singulier, avec une augmentation d'épaisseur).

Des glissements entre les fils de chaîne et de trame, là où ils sont en contact, se produisent parfois lors du deuxième stade de la déformation, tant que les espaces entre les fils permettent une mobilité. Ces glissements, lorsqu'ils se produisent dans le plan moyen des fils, permettent un gauchissement du tissu et une variation de forme qui est utilisée dans la mise en forme des surfaces textiles.

A contrario, la fin du deuxième mécanisme correspond à une structure bloquée, les possibilités de perte d'ondulation du fil sollicité étant interdite par la présence du fil transverse. Les fils ne pouvant plus bouger, ils se déforment : c'est le troisième domaine de la courbe, qui correspond à une déformation du fil par extension, jusqu'à la rupture. Cette dernière partie de la courbe présente une pente plus accentuée, car le fil est directement sollicité dans le sens longitudinal.