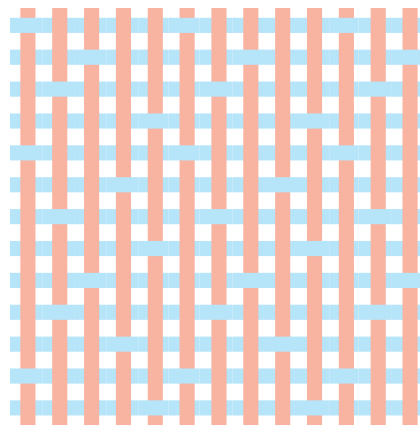
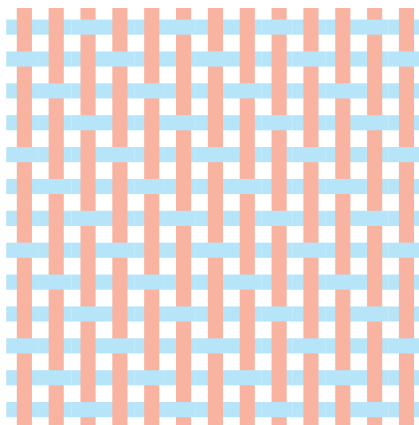
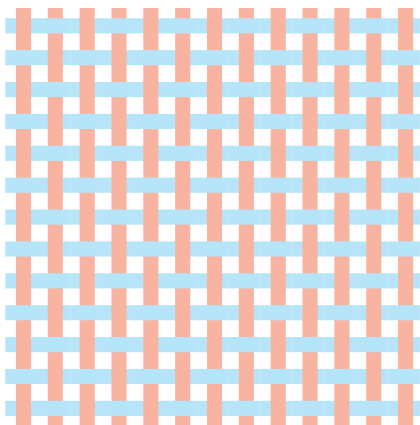




5. L'ARMURE, ou la façon d'entrecroiser les fils de chaîne (ceux qui sont tendus sur le métier à tisser) et les fils de trame (ceux qui sont passés perpendiculairement) influe sur la douceur au toucher d'une

étoffe. La toile (à gauche) est plus lisse que le sergé (au milieu), qui a des côtes en diagonales (au centre). En revanche, le satin est très lisse, car les fils de chaîne passent au-dessus de quatre fils de chaîne.

Vers la douceur parfaite

Une étoffe est constituée de fibres qui atteignent jusqu'à dix centimètres de longueur, ou de filaments continus. Lors du procédé de filature, les fibres sont assemblées en fil par une torsion importante, alors qu'un ensemble de filaments est rendu solidaire, le plus souvent par un faible mouvement de torsion. On obtient l'étoffe après le tissage de nombreux fils, en respectant un schéma d'entrecroisements, nommé armure, qui indique l'assemblage des fils de chaîne, c'est-à-dire les fils tendus sur le métier à tisser, et les fils de trame, placés transversalement aux précédents. L'étoffe est ensuite ennoblie : par un blanchiment, une teinture ou une impression, elle obtient son aspect final ; par un adoucissage, un émerisage, un grattage ou des traitements enzymatiques, elle acquiert son toucher final ; et, par des interventions spécifiques, elle devient par exemple imperméable. De la morphologie des fibres aux traitements d'ennoblissement, ce long processus de fabrication offre de nombreuses possibilités d'amélioration du toucher.

Pour paraître plus lisses au toucher, les aspérités d'un tissu, qui sont dues à l'ondulation des fils de chaîne et de trame, ne doivent pas être perçues individuellement. La largeur des rainures est réduite lorsque les fils ont une section plate, par exemple avec des fils de filaments plus déformables que les fils de fibres. On peut ainsi écraser la section par glissement des filaments les uns par rapport aux autres.

Pour rendre un tissu plus doux au toucher, une technique consiste à

composer une étoffe lisse. Une armure adéquate permet de réduire la rugosité (voir la figure 5). Par exemple, l'armure du satin confère au tissu une surface très lisse. En outre, plus les fils sont fins, plus les étoffes sont lisses.

Les armures qui forment des rainures, telles celles en diagonale du sergé des tissus de jeans, seront écartées. De plus, les armures pour lesquelles les fils de chaîne sont très visibles sur la face endroit de l'étoffe seront préférables : les fils de chaînes, souvent plus fins et plus tendus que les fils de trame, engendrent moins d'aspérités et, donc, une distance réduite entre les rainures. Enfin, on évitera les armures avec des grosses côtes, telles celles du velours côtelé, constituées de plusieurs dizaines de fils.

Une autre technique est la création de fibres émergentes, plus fines que les fils, qui empêchent le contact des doigts avec la structure principale de l'étoffe. Par exemple, le grattage, qui crée une pilosité superficielle, confère à la fourrure polaire son toucher et son pouvoir isolant. L'abrasion, nommée émerisage, avec un papier d'émeri est fréquemment utilisée pour les tissus de jeans de couleur (voir la figure 4).

Ces deux techniques peuvent être couplées. Par exemple, on tisse une étoffe très lisse avec des fibres, nommées microfibras, dont le diamètre est inférieur à dix micromètres, puis on crée une pilosité de surface par un émerisage.

Nos travaux se sont restreints aux limites de la perception humaine, car il est inutile de composer une étoffe dont la structure fibreuse dépasse la sensibilité de la main. La recherche d'une structure lisse ou d'une pilosité

de surface sont deux objectifs opposés : dans le premier cas, on tente de se placer sous le seuil de sensibilité de la main, tandis que, dans le second, on compte sur sa sensibilité pour percevoir les fibres émergentes.

D'après l'étude de Ian Darian-Smith, de l'Université de Melbourne, lorsque le nombre de fils par centimètre est supérieur à 13, les fils ne sont pas individualisés par la main. Néanmoins, la surface ne paraît pas forcément lisse, car une différence de période spatiale de 45 micromètres est perceptible. Le tissu le plus lisse a donc une période spatiale inférieure ou égale à 45 micromètres, soit au moins $10\,000 / 45 = 222$ fils par centimètre. Un tissu classique a de 20 à 40 fils par centimètre, mais certaines étoffes très fines ont plus de 100 fils par centimètre. Elles sont proches de la limite !

Outre la structure de l'étoffe, un tissu est plus doux lorsque la pilosité superficielle est augmentée. La pilosité est caractérisée par le nombre de fibres émergentes, par leur longueur et leur section, et par leurs propriétés mécaniques, qui déterminent leur toucher : des poils courts et droits ont un toucher différent de celui des poils longs et couchés.

Avec une vitesse de un centimètre par seconde – nous considérons qu'il s'agit de la vitesse minimale pour apprécier une étoffe –, la main est sensible jusqu'à 1 000 vibrations de dix micromètres d'amplitude par seconde, soit 1 000 vibrations par centimètre : une étoffe ayant 1 000 poils de dix micromètres de diamètre apparaîtra complètement lisse (lorsque la fibre est couchée à la surface du tissu, son

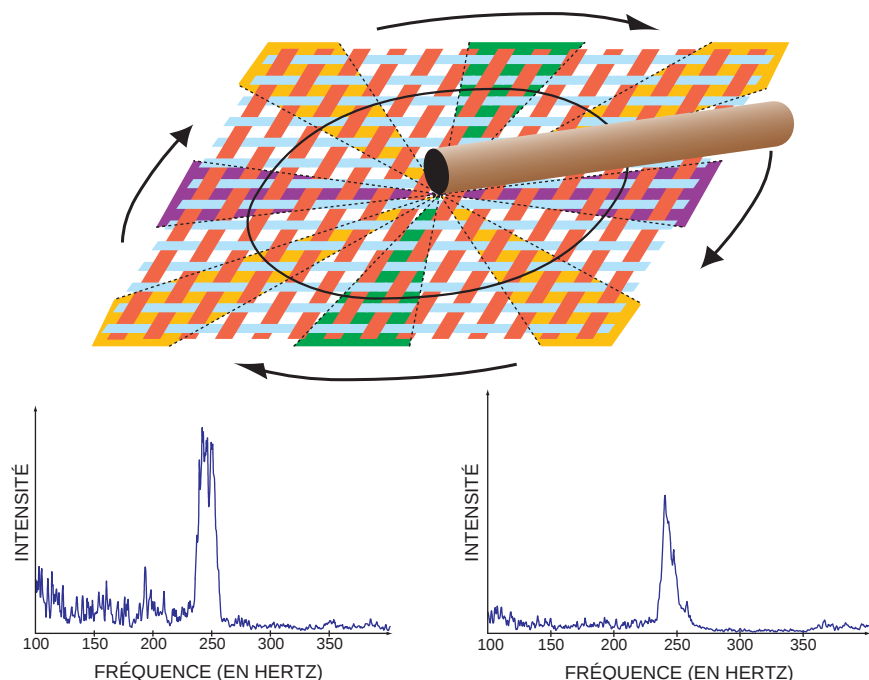
diamètre devient la hauteur des aspérités et détermine l'amplitude des vibrations). Il est inutile d'en obtenir plus ! Cette pilosité existe dans les étoffes de microfibres dont on a « usé » la surface avec un papier d'émeri.

Par ailleurs, à une fréquence de 300 hertz, la main perçoit des aspérités de moins d'un micromètre de hauteur. Une étoffe comptant 300 fibres superficielles par centimètre dont le diamètre est inférieur à un micromètre, nommées nanofibres, est donc également totalement douce au toucher. Notons que ces nanofibres n'existent pas encore à l'état de fil : on ne peut donc pas les tisser. Par exemple, les fibres de cellulose régénérées (la cellulose, qui est un polymère végétal, est dissoute, puis transformée en filament), commercialisées sous le nom Lyocell® par la Société autrichienne Lenzing, d'un diamètre courant d'environ dix micromètres, sont filées, puis tissées. Pendant l'ennoblissement, ces fibres sont fibrillées, c'est-à-dire qu'un traitement mécanique modifie certaines fibres de surface, qui deviennent des microfibres, dont certaines sont ensuite hydrolysées grâce à des enzymes (voir la figure 4). L'étoffe finale n'a que quelques centaines de fibrilles d'un diamètre proche du micromètre par centimètre ; pourtant, son toucher est très modifié. Nous sommes proches de la douceur idéale. Nous avons ensuite cherché à définir et à mesurer la douceur.

La douceur objective

Comme M. Taylor et S. Lederman, la plupart des physiologistes pensent que la main perçoit la rugosité sous la forme d'une énergie de vibration de la peau. Toutefois, la mesure de l'énergie de vibration à l'aide d'un capteur de frottement ou de rugosité n'est pas très sensible, car, à l'inverse du couple main-cerveau, le capteur n'est pas adapté à une grande gamme de surfaces et il n'est pas capable d'apprentissage.

Nous avons mis au point un tribomètre qui caractérise les étoffes : cet appareil de mesure du frottement est équipé d'un palpeur dont les signaux perçus sont traités par une analyse de Fourier qui décompose un signal périodique en une série de fonctions simples. Puisque la main évalue une



6. UN TRIBOMÈTRE MUNI D'UN PALPEUR CYLINDRIQUE mesure le frottement d'une étoffe et en caractérise l'armure. Pour une toile, dans les zones vertes, il rend compte des fils de chaîne (en rouge) et dans les zones violettes, des fils de trame (en bleu). Les mesures des diagonales sont également typiques de l'armure (zones orange). Avec un tel appareil, on mesure l'évolution de la douceur au toucher. Par exemple, dans le cas d'un satin de Lyocell® (seul le pic des diagonales est révélé), après fibrillation et défibrillation (à droite), le pic à 250 hertz est atténué (à gauche) : ce procédé augmente donc la douceur au toucher.

étoffe dans n'importe quelle direction de sa surface, l'échantillon en contact avec le palpeur tourne pendant la mesure. Comme un palpeur ponctuel ne détecte pas l'armure, nous avons donc utilisé un palpeur cylindrique d'axe horizontal, dont le diamètre est de l'ordre de celui des fils : ainsi, le contact est linéaire, et chaque direction fondamentale de l'étoffe (par exemple, pour une toile, parallèle aux fils de chaîne, parallèle aux fils de trame et en diagonale) est caractérisée par un pic dont la fréquence dépend de l'armure et de la densité des fils, tandis que son amplitude rend compte de la hauteur des aspérités (voir la figure 6).

Par exemple, l'analyse d'un tissu de fibres de Lyocell®, montre qu'après l'ennoblissement (fibrillation et défibrillation) le pic de fréquence est atténué : le tissu est donc plus doux. Ces résultats permettent d'aller au-delà des mesures classiques de frottement et de rugosité.

L'évolution des exigences du public en matière de sensation oblige les industriels du textile à innover constamment pour satisfaire et surprendre les

consommateurs qui recherchent l'étoffe parfaitement douce. L'innovation ne peut plus se satisfaire de connaissances empiriques : comprendre les mécanismes qui commandent la douceur est donc indispensable. Les microfibres et, peut-être à l'avenir, les nanofibres, qui permettent d'atteindre cet idéal, ont bouleversé notre paysage textile. Cependant, les nouvelles améliorations, notamment génétiques, des fibres naturelles, tel le coton ou les fibres animales, qui sont de plus en plus fines et se rapprochent des microfibres, augurent d'une forte concurrence entre les producteurs de matières textiles : naturel contre synthétique. Pour le consommateur, la douceur était l'apanage des fibres naturelles, mais, aujourd'hui, elle concerne également les fibres synthétiques.

Marie-Ange BIGUÉ-BUENO est maître de conférences à l'École nationale supérieure des industries textiles de Mulhouse, de l'Université de Haute-Alsace. Marc RENNER est directeur de l'École nationale supérieure des industries textiles de Mulhouse.