

La fréquence de vibration n'explique donc pas à elle seule la rugosité perçue, puisque la largeur et la distance entre deux rainures ont des influences opposées. S. Lederman a également constaté que ni la somme de la largeur d'une rainure et de la distance entre deux rainures, nommée période spatiale, ni le quotient de la largeur de la rainure par la distance entre deux rainures ne déterminent la rugosité perçue. Néanmoins, l'être humain peut différencier des grilles dont les périodes spatiales diffèrent de 45 micromètres. Le paramètre déterminant de la rugosité est la largeur des rainures.

De plus, la pression exercée par le doigt, la vitesse de déplacement, ainsi que la température, influencent la rugosité perçue. Pour chaque doigt médian (l'index, le majeur et l'annulaire), l'aire de contact moyenne d'un doigt est d'environ 1,6 centimètre carré, et la pression moyenne est comprise entre un et huit kilopascals, selon le nombre de doigts utilisés pendant les expériences. Pendant nos expériences, la main effectue un mouvement de va-et-vient, à une fréquence moyenne de quatre hertz et à une vitesse moyenne de 16 centimètres par seconde. En 1925, David Katz a montré que la vitesse ne détermine pas la rugosité perçue lorsqu'elle reste inférieure à 25 centimètres par seconde : le changement de vitesse de la main modifie peu la rugosité perçue. En revanche, lorsque la main se déplace à plus de 25 centimètres par seconde, la surface testée paraît plus lisse, car la peau, limitée par son élasticité, n'a plus le temps de s'adapter à la surface.

Des expériences ont montré que, quand la largeur des rainures est supérieure à 0,625 millimètre, la pression qu'exerce naturellement la main augmente avec la largeur des rainures, et donc, avec la rugosité. De même, une augmentation de la pression augmente la rugosité perçue. Cette dernière s'exprime en fonction du produit de la force exercée par le doigt par la largeur de la rainure élevée à la puissance quatre lorsque celle-ci est supérieure à 0,25 millimètre ; lorsqu'elle est inférieure, la sensation est identique que nous soyons énervés ou calmes !

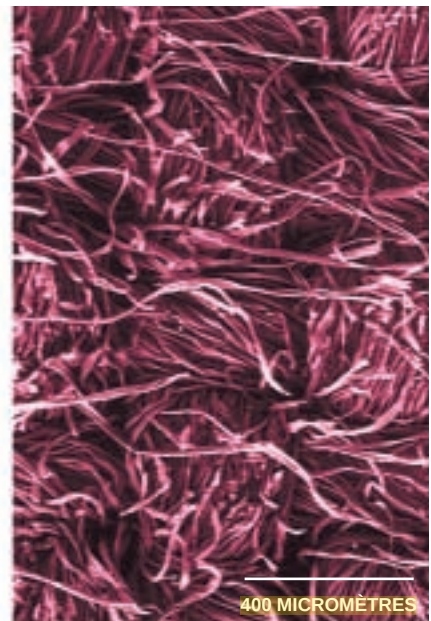
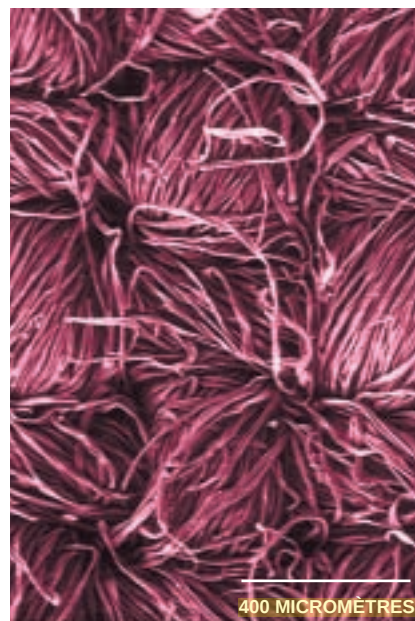
En influençant l'élasticité de la peau, la température modifie la rugosité

perçue. Quand la température est inférieure à 32 degrés, une surface lisse semble encore plus lisse, tandis qu'elle paraît plus rugueuse lorsque la température est supérieure. En revanche, la température n'a aucune influence sur la perception des surfaces rugueuses.

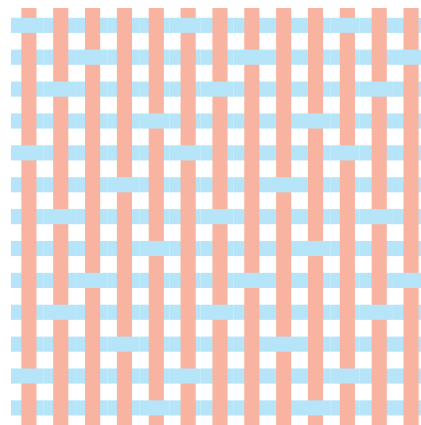
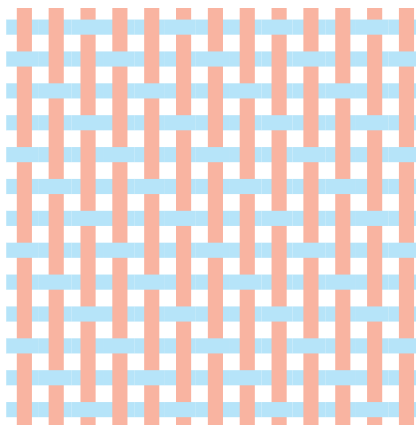
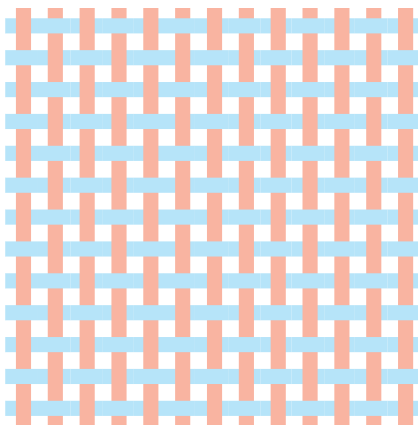
Comment les forces de frottement, que nous avons jusqu'à présent négligées, interviennent-elles ? Le frottement entre deux surfaces, par exemple entre une main et une étoffe, dépend de la

rugosité des surfaces et des propriétés physico-chimiques de l'interface. Ces dernières modifient la force tangentielle entre l'étoffe et le doigt : cette force diminue soit par l'utilisation d'un matériau plus glissant, soit par l'ajout d'un lubrifiant, tel un adoucissant.

Pouvons-nous appliquer nos connaissances de l'influence des paramètres sur la sensation perçue pour améliorer la douceur au toucher d'une étoffe ?



4. UNE ÉTOFFE peut être rendue plus douce au toucher par la création d'une pilosité de surface. Par exemple, le passage d'un papier d'éméri sur une toile de coton (*en haut, à gauche*) crée des petits poils (*en haut, à droite*). Pour des fibres de Lyocell® en celluose (*en bas, à gauche*), un traitement mécanique suivi d'une dégradation enzymatique laisse quelques nanofibres (*en bas, à droite*) qui augmentent la douceur au toucher.



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