

De l'étoffe à la main

MARIE-ANGE BIGUÉ-BUENO • MARC RENNER

Une meilleure connaissance théorique du toucher conduirait à des améliorations de la qualité et de la douceur des étoffes. Les fabricants satisferaient alors mieux les consommateurs.

Le toucher d'une étoffe, gage de confort et de qualité, est un des principaux arguments de vente d'un vêtement. Pourtant, l'amélioration du toucher est encore empirique : les professionnels le modifient en se fondant sur leurs connaissances de la nature des fibres, de la fabrication du fil, du tissage ou du tricotage, des traitements chimiques et mécaniques d'ennoblissement, tels la teinture, l'impression et l'abrasion par un papier d'émeri. Ils savent, par exemple, que les adoucissants réduisent le coefficient de frottement entre la surface et les doigts, rendant ainsi les étoffes plus douces au toucher.

Toutefois, de telles connaissances ne permettent pas d'optimiser le toucher d'une étoffe. Dans notre laboratoire, nous avons étudié, d'une part, la perception de la peau au contact d'un tissu et, d'autre part, comment varie le toucher d'une étoffe en fonction de sa structure. Nous pensons qu'une meilleure connaissance théorique et une maîtrise des paramètres

de fabrication seraient des atouts importants pour atteindre la douceur idéale. La première étape est une analyse de la sensation tactile procurée par les étoffes.

Le sens du toucher

Pourquoi certains touchers, tel le célèbre «peau de pêche», sont-ils si doux? Comment quantifier objectivement la douceur d'une étoffe? Quelle est l'influence de la surface (rugosité, comportement au frottement...)? Quels phénomènes sont en jeu lorsque la main touche une surface?

La peau contient des récepteurs du toucher que l'on trouve également sur tout le corps, mais nous n'avons étudié que la pulpe des doigts, où ils sont plus nombreux et plus souvent sollicités. La plupart des récepteurs sensoriels sont formés par l'extrémité d'une ramification d'un neurone, enveloppée dans une capsule de tissu conjonctif : c'est le cas des corpuscules de Pacini, de Meissner et de Ruffini.

Les récepteurs de Merkel sont composés d'une terminaison nerveuse nue en forme de disque, adjacente à une cellule, nommée cellule de Merkel, de la base de l'épiderme (voir la figure 2).

Les corpuscules de Pacini et de Meissner sont sensibles aux fréquences vibratoires, c'est-à-dire, pendant un mouvement de la main, au nombre de collisions par seconde entre la peau et les aspérités de la surface de l'étoffe. Les corpuscules de Ruffini et les récepteurs de Merkel, eux, perçoivent les déformations durables de la peau.

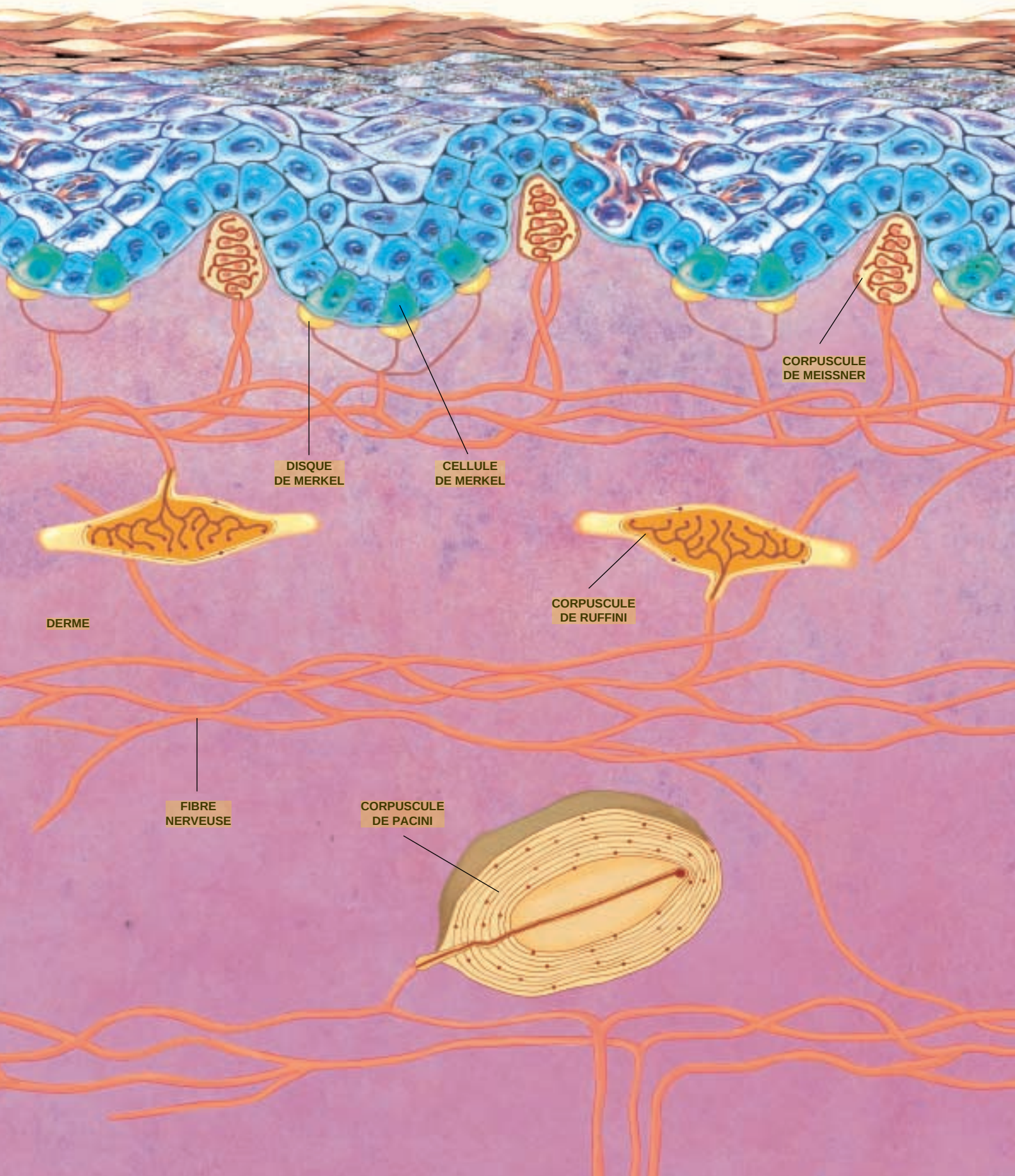
Outre leur profondeur dans la peau, leur taille, la superficie de leur zone de réception, etc., ces quatre types de récepteurs se distinguent par leur temps d'adaptation, c'est-à-dire leur temps de réaction aux stimulus.

Les corpuscules de Pacini et de Meissner sont à adaptation rapide : ils réagissent vite aux vibrations de la peau lors d'un mouvement, mais cessent rapidement d'être excités. En revanche, les corpuscules de Ruffini et les récepteurs de Merkel sont à



1. DES FIBRES SYNTHÉTIQUES OU NATURELLES, telles celles de coton (à gauche) sont solidarisées par une torsion pour former un fil (au centre). Celui-ci est l'élément de base d'un tissu (à droite) qui résulte

de l'entrecroisement de fils dans deux directions perpendiculaires, selon un schéma d'organisation nommé armure. Les fils de trame sont passés entre les fils de chaîne tendus sur un métier à tisser.



2. LA PEAU GLABRE contient quatre types de récepteurs nerveux responsables du sens du toucher : les corpuscules de Pacini et de Meissner sont sensibles aux vibrations de la peau lors d'un mouvement, les corpuscules de Ruffini et les récepteurs de Merkel détectent les défor-

mations de la peau. Ces corpuscules sont des terminaisons nerveuses enveloppées dans du tissu conjonctif, tandis que les récepteurs de Merkel sont composés d'une extrémité nerveuse aplatie en disque, adjacente à une cellule sensible de l'épiderme (*en bleu*).

adaptation lente : ils réagissent plus tardivement, mais de façon durable, aux déformations statiques de la peau. Ainsi, une main en mouvement apprécie mieux la texture d'une surface qu'une main au repos, puisqu'elle sollicite les quatre types de récepteurs, et non deux seulement.

Grâce à ses récepteurs, la peau est sensible à des vibrations comprises entre 5 et 1 000 hertz (ou vibrations par seconde). Par exemple, à une vitesse de 16 centimètres par seconde, le tissu d'un jean stimule la peau à environ 300 hertz, et la soie d'un foulard à 800 hertz.

Les corpuscules de Pacini sont les plus profondément enfouis sous la surface de la peau ; ce sont les plus sensibles aux hautes fréquences. Ils sont également les plus sensibles à des vibrations de faible amplitude : moins d'un micromètre (millième de millimètre) pour des fréquences comprises entre 100 et 300 hertz. Les corpuscules de Meissner, excités par des fréquences inférieures (de 20 à 40 hertz), détectent les détails minces d'une surface pendant un mouvement. Les récepteurs de Merkel rendent compte des irrégularités de la surface, même quand la main est immobile. Enfin, les récepteurs de Ruffini captent les déformations latérales de la peau et leur direction : presque insensibles à la rugosité, ils perçoivent la vitesse de déplacement.

Ainsi, lors des mouvements lents, seuls les corpuscules de Ruffini et les récepteurs de Merkel sont stimulés. Puis, lorsque la vitesse augmente, les corpuscules de Meissner sont sollicités. Enfin, quand le mouvement est devenu rapide, tous les corpuscules sont excités.

La durée du stimulus n'est généralement pas une limite à l'évaluation d'une étoffe, car on peut la garder en main aussi longtemps qu'on le souhaite. Toutefois, les récepteurs se fatiguent, c'est-à-dire qu'ils deviennent moins sensibles au bout de quelques secondes.

Outre l'amplitude et la fréquence des vibrations, la sensation perçue dépend de la discrimination spatiale de la pulpe des doigts, c'est-à-dire la distance minimale entre deux stimulus contigus et continus pour qu'ils soient perçus indépendamment. Deux aiguilles très proches ne sont pas distinguées. Égale à deux millimètres, la discrimination spatiale est limitée par la distance entre les récepteurs. La discrimination spatiale, mesurée lors d'un contact statique, ne rend pas compte des récepteurs de Pacini, qui ne sont pas stimulés. La précision de la localisation d'un stimulus tactile est de l'ordre du millimètre, et un déplacement d'un dixième de millimètre du stimulus est détecté. La pulpe

des doigts détecte une pression de 20 pascals, soit deux milligrammes par millimètre carré, c'est-à-dire l'équivalent de 20 centimètres carrés de papier posé sur un doigt. Par ailleurs, la loi des physiiciens allemands Ernst Weber et Gustav Fechner stipule que l'intensité de la sensation est proportionnelle au logarithme de l'intensité du stimulus. La sensation perçue est également caractérisée par le seuil différentiel, c'est-à-dire la plus petite différence perceptible entre deux stimulus. Par exemple, pour la pression cutanée, le seuil différentiel est de cinq pour cent de l'intensité d'un stimulus initial.

Les neuro-physiologistes connaissent bien le mode de transmission de l'influx nerveux de la main au cerveau ; en outre, ils savent que les récepteurs de la main sont projetés sur une des plus grosses zones sensorielles du cerveau. En revanche, le détail du traitement de l'information tactile par le cerveau est encore peu connu. La taille de la zone cérébrale activée par chaque partie du corps est proportionnelle à la densité d'informations sensorielles reçues et, donc, à l'importance qui leur est accordée : la peau, particulièrement celle de la main, est donc un organe sensoriel important. Elle constitue le dernier rempart de l'intégrité de notre corps après la vue, l'ouïe, l'odorat et le goût. Chez l'être humain, les cinq sens sont également en charge de l'instruction des qualités esthétiques de notre environnement, que notre cerveau juge.

La perception des textures

Selon certains physiologistes, la fréquence vibratoire est l'élément majeur de la perception de la rugosité. Toutefois, pour d'autres, l'intensité des vibrations est primordiale.

La perception de la rugosité est souvent étudiée grâce à des surfaces, nommées grilles, gravées de rainures rectilignes et parallèles, dont on peut facilement modifier les dimensions, telles la largeur, la profondeur et la distance entre des rainures successives. En 1972, au Canada, Susan Lederman et Martin Taylor ont montré que la rugosité perçue augmente avec la largeur des rainures, alors qu'elle diminue quand la distance entre deux rainures augmente.

RÉCEPTEURS	MEISSNER	PACINI	MERKEL	RUFFINI
Adaptation	Rapide	Rapide	Lente	Lente
Profondeur	Derme	Épiderme	Épiderme	Derme
Nombre de récepteurs par fibre	12 - 17	1	4 - 7	1
Nombre de récepteurs par centimètre carré	140	21	70	49
Taille des champs récepteurs (en millimètres carrés)	12,6	101	11	59
Fréquences (en hertz)	3 - 300	30 - 1 000	?	?
Sensibilité maximale (en hertz)	20 - 40	100 - 300	< 8	< 8

3. LE TABLEAU récapitule les propriétés des quatre types de récepteurs de la peau glabre.