

Profilo- pilosimètre pour matériaux fibreux souples

Marie-Ange BUENO¹ & Laurent BIGUÉ²

¹ Laboratoire de Physique et Mécanique Textiles (CNRS- UMR 7189)

² Laboratoire Modélisation Intelligence Processus Systèmes
Ecole Nationale Supérieure d'Ingénieurs Sud Alsace, Mulhouse
Université de Haute-Alsace

11, rue Alfred Werner – 68093 Mulhouse cedex
marie-ange.bueno@uha.fr

Résumé :

Cette étude présente l'intérêt d'utiliser la souplesse des matériaux textiles afin de présenter l'échantillon de telle sorte qu'il soit éclairé en incidence rasante ce qui permet d'une part de caractériser les fibres émergeant de la surface qui forment une pilosité superficielle et d'autre part de mesurer le profil de la surface.

En éclairant tangentiellement une surface textile par une lumière cohérente on obtient l'ombre du relief de la structure ainsi que la pilosité. Une image laissant apparaître les poils et la structure en noir sur un fond blanc saturé est alors obtenue. La suppression de la composante continue à l'aide d'un filtre spatial optique permet d'obtenir les fibres et le relief de la structure en blanc sur un fond noir. Ensuite, la structure et la pilosité peuvent alors être optionnellement séparés par traitement d'images. Chaque information profil et pilosité est ensuite filtrée numériquement et de façon spécifique pour pouvoir être exploitée.

Abstract :

This study uses the bending flexibility of textile materials in order to light surface sample in tangential incidence. Thus, emergent fibres, which form superficial hairiness on the surface, can be characterized allowing then the evaluation of the surface profile.

Lighting a textile fabric with a laser beam tangential to the material leads to the obtaining of the shadow of the structure relief and of the surface hairiness. The corresponding image shows hairiness in black on a white ground. The suppression of the direct component with an optical spatial filter brings about to have hairiness and profile in white on a black ground. Structure profile and hairiness can be separated by image processing. Each information, hairiness and profile, is numerically filtered with a specific technique and is then explored.

Mots-clefs :

Profilomètre ; surface textile ; pilosité.

1 Introduction

La surface d'un textile peut être composée de fils entrecroisés (tissus) ou entrelacés (tricotés) ou d'une nappe de fibres dont la cohésion est donnée par thermoliage, liage chimique ou jet d'eau ou d'air (non-tissés). Ces surfaces présentent une rugosité mésoscopique, mais également une pilosité superficielle due à la présence de fibres émergeant de la surface. Ces fibres ont soit partiellement échappé au processus de cohésion, soit elles sont issues d'opérations ayant pour objectif de modifier le toucher et/ou les propriétés thermiques du matériau. Cette pilosité est très spécifique à ce type de matériaux.

Afin de caractériser l'état de surface de ces matériaux, lié à leurs propriétés organoleptiques, il est par conséquent indispensable de prendre en compte la rugosité mésoscopique mais également la pilosité.

Les méthodes de mesures de la pilosité Governi *et al.* (2005), Osthoff-Senge concernent essentiellement la mesure sur fils Barella *et al.* (1993), Durand *et al.* (1983), Felix *et al.* (1990) ou alors utilisent des méthodes par traitement d'images Cybulska (1999), Kuratle (1999), Nevel *et al.* (1999) qui présentent l'inconvénient d'être moins rapides. Par ailleurs, les profilomètres donnant les résultats représentant au mieux les surfaces textiles mesurées sont les systèmes confocaux. En effet, la présence de pilosité de surface est un élément dérangeant pour les techniques interférométriques ou la triangulation laser. Ces techniques restent néanmoins relativement coûteuses pour de nombreuses entreprises.

Cette étude présente un instrument mesurant le profil de la surface du matériau et caractérisant sa pilosité superficielle. Ces mesures sont réalisées à partir du même montage optique : seul le traitement du signal change ; cela est rendu possible du fait de la souplesse des matériaux testés.

2 Montage expérimental

La surface est présentée tangentiellement à un faisceau laser. On obtient alors l'ombre portée de la tranche de cette surface, c'est-à-dire du relief de la structure ainsi que de la pilosité. Plusieurs filtrages appropriés, optiques et numériques, permettent d'éliminer la composante continue et de séparer la pilosité du relief de la structure. Ils sont détaillés dans la suite.

Le système présenté comporte trois parties (Fig. 1) : le porte-échantillon et son système d'entraînement, le montage optique et le traitement du signal qui se décomposent en plusieurs étapes.

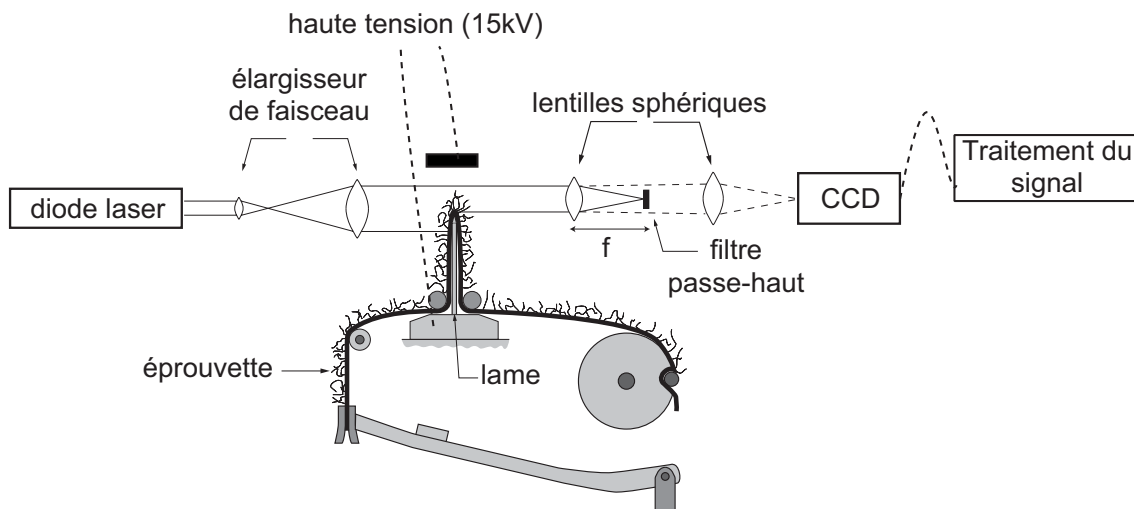


FIG. 1 – Schéma du système d'entraînement de l'échantillon et du montage optique.

2.1 Le porte-échantillon

Il est conçu pour les matériaux souples. Le matériau est bloqué entre deux pinces dont l'une est entraînée en rotation. Entre les deux pinces, l'éprouvette passe sur la tranche d'une lame métallique et deux cylindres la maintiennent de part et d'autre de cette lame. Le matériau présente ainsi sa tranche au rayon lumineux provenant du montage optique. La lame est mise à

une différence de potentiel d'environ 15kV avec un dispositif placé au-dessus, ainsi les poils s'orientent dans le sens du champ et donc se redressent.

La vitesse de défilement de l'éprouvette est variable. Pour les résultats présentés dans ce papier, la vitesse est de 0,7 mm/s pour la mesure de pilosité et de 0,05 mm/s pour la mesure de profil. La vitesse pour la mesure de pilosité est la vitesse maximale permettant aux poils de se charger et de se redresser. La vitesse plus faible pour la mesure du profil permet d'avoir la même résolution dans les deux directions du plan de l'échantillon.

2.2 Le montage optique et l'acquisition de l'information

Ce montage est constitué d'une diode laser qui éclaire la surface fibreuse tangentiellement. Une image laissant apparaître les poils en noir sur un fond blanc saturé est alors obtenue. La suppression de la composante continue à l'aide d'un filtre spatial permet d'obtenir les fibres et le relief de la structure en blanc sur un fond noir (Fig. 2 à gauche) Bueno *et al.* (2000). La caméra CCD couplée à une carte d'acquisition analogique donne des images de 256 niveaux de gris à une cadence maximale de 15 Hz et une résolution de $L=1280$ pixels x $l=960$ pixels, ce qui correspond à une largeur de 3,975 mm et une hauteur de 2,975 mm. Pour la mesure de profil la zone mesurée est de $3,975 \times 3,975$ mm² et pour le pilosimètre elle est de 7,54 mm de long par 3,975 mm de large.

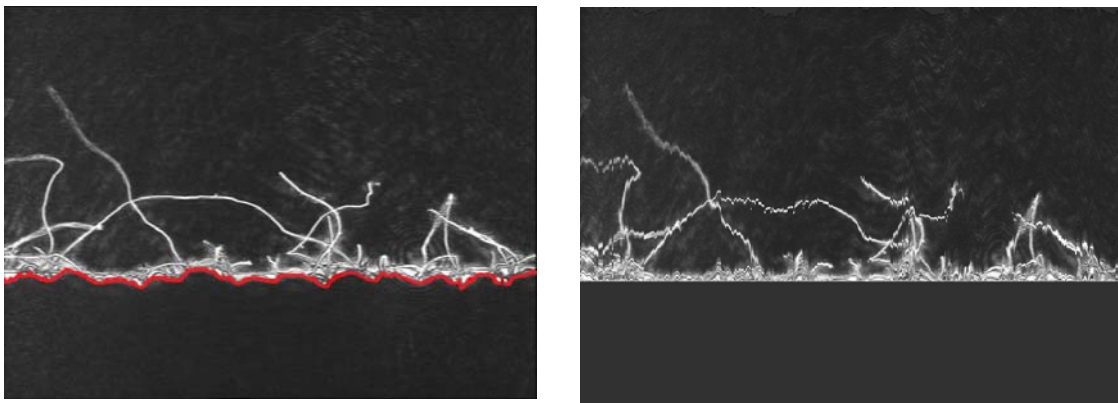


FIG. 2 – Information provenant du montage optique contenant la pilosité et la structure (à gauche) et pilosité sans la structure (à droite).

3 Traitement de l'information

3.1 Pilosité réelle ou émergeant de la structure

La pilosité peut être considérée de deux façons: la pilosité émergeant de la structure et la pilosité seule sans considérer la structure. Dans les deux cas un film de 160 images (Fig. 2 à gauche) est traité.

Afin d'obtenir la pilosité émergeant de la structure, l'énergie lumineuse est calculée ligne par ligne de la caméra CCD, image par image. Le niveau de gris moyen de chaque ligne pour toutes les images est ensuite calculé. Chaque pixel représente un carré de $3,1 \mu\text{m}$ de côté. Ensuite un seuillage est tout d'abord réalisé afin d'éliminer le bruit c'est-à-dire l'énergie lumineuse du fond. L'information obtenue représente la pilosité émergeant de la structure.

En revanche, si l'information recherchée concerne uniquement la pilosité il faut alors séparer l'information provenant de la structure de celle de la pilosité. Pour cela un traitement est

réalisé image par image. Il consiste en partant du bas de l'image à repérer colonne par colonne le premier pixel dont la valeur de niveau de gris est supérieure à un certain seuil (Fig. 2 à gauche en rouge). La colonne est alors translaturée à partir de ce pixel vers le bas de l'image sur une ligne de référence. Une valeur de niveau de gris est donnée aux pixels du haut de la colonne (Fig. 2 à droite). Ensuite, comme précédemment le niveau de gris moyen de chaque ligne pour toutes les images est ensuite calculé, puis le seuillage. L'information représente alors la pilosité sans tenir compte du profil de la surface.

La courbe obtenue avec ou sans prise en compte du profil n'est pas encore révélatrice de la distribution en longueur de la pilosité puisque lors de la mesure l'éprouvette se déplace, chaque poil est donc vu en rotation. Une déconvolution itérative est alors réalisée afin d'obtenir la distribution en longueur des poils. Pour une étoffe constituée d'un seul type de fibres, l'énergie lumineuse peut être convertie en nombre de poils moyennant un étalonnage avec des fibres individuelles (Fig. 3).

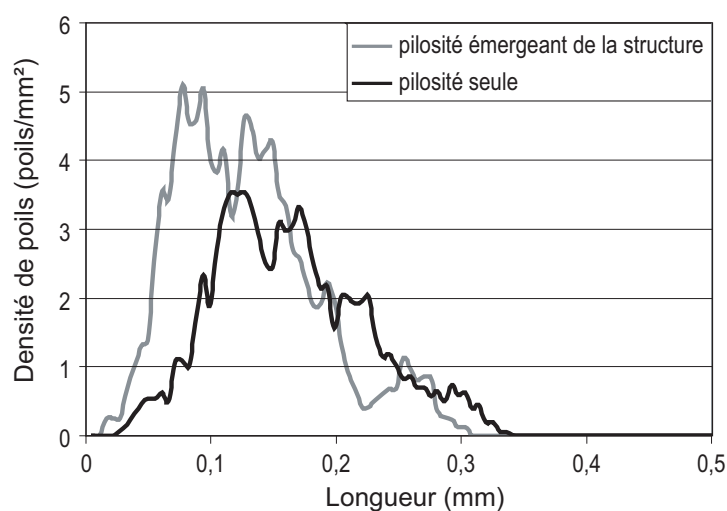


FIG. 3 – Fonction de distribution de la longueur réelle des poils ou émergeant de la structure.

3.2 Profil de la structure

Contrairement au traitement du signal (décrit plus haut) ayant pour but d'éliminer la structure, dans le cas du profilomètre on ne récupère que l'enveloppe de la structure (Fig. 2 à gauche en rouge) image par image. Préalablement chaque image est lissée par moyennage local 2D. Ce filtrage passe-bas permet de réduire le bruit et les irrégularités de très haute fréquence. Dans le cas d'étoffes très pileuses engendrant des profils complexes, un traitement non linéaire peut également être appliqué pour assurer la continuité du profil. Le profil, éventuellement lissé en 2D, est ensuite reconstruit en 3D sur toute la surface testée.

Les caractéristiques des filtres utilisés sont paramétrées en fonction du type de surface testée.

Chaque pixel de la caméra imageant une portion d'étoffe de 3,1 μm de côté (sens X), une image tous les 3,1 μm doit être enregistrée dans le sens de défilement Y afin d'avoir des résolutions équivalentes en X et en Y. Pour cela la vitesse de défilement de l'échantillon est ajustée en fonction de la cadence d'utilisation de la caméra CCD. Le nombre d'images contenues dans le film est de 1265 afin d'analyser une zone carrée de la surface.

A partir du profil obtenu, les paramètres traditionnels de rugosité peuvent être calculés : la rugosité moyenne, l'écart-type, le RMS, le Skewness et le Kurtosis, ...

4 Résultats

3.1 Pilosimètre

L'étoffe testée est un tissu qui a subi différentes intensités d'usure abrasive (émerisage) dont l'objectif premier est d'améliorer la douceur de la surface en générant une pilosité de surface dense et relativement régulière. Le tissu est un sergé de coton avant et après un émerisage réalisé avec un émeri de grain P800 (Fig. 4). La distribution de la longueur des poils illustre la différence de pilosité entre les deux surfaces avant et après émerisage (Fig. 5). L'émerisage tel qu'il a été réalisé dans cet essai a généré une pilosité abondante par rapport à la pilosité initiale puisque la densité de poils a augmenté de 90 poils/mm² à environ 120 poils/mm². De plus, cette pilosité est plus régulière en longueur.

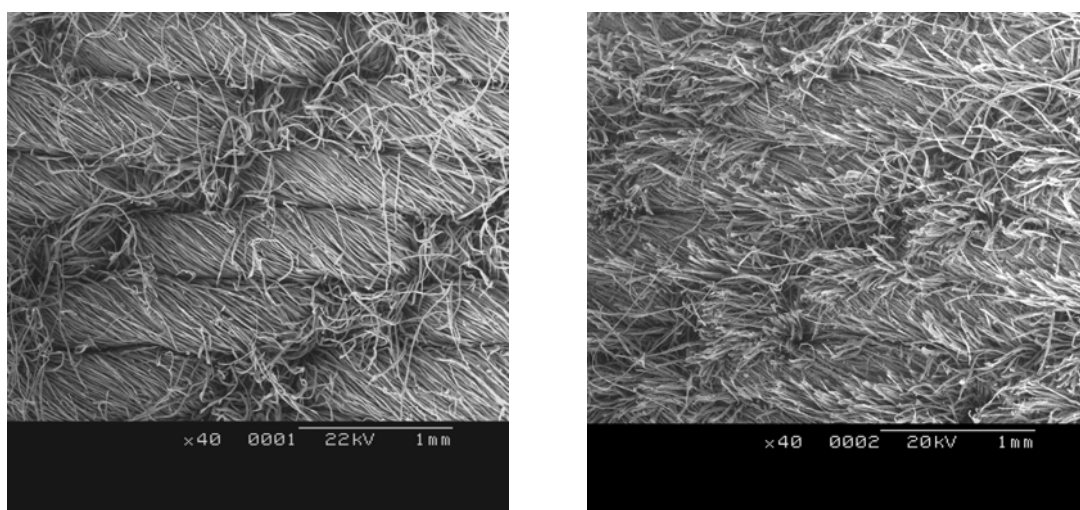


FIG. 4 – Sergé de coton non-émerisé (à gauche) et émerisé avec un grain P800 (à droite).

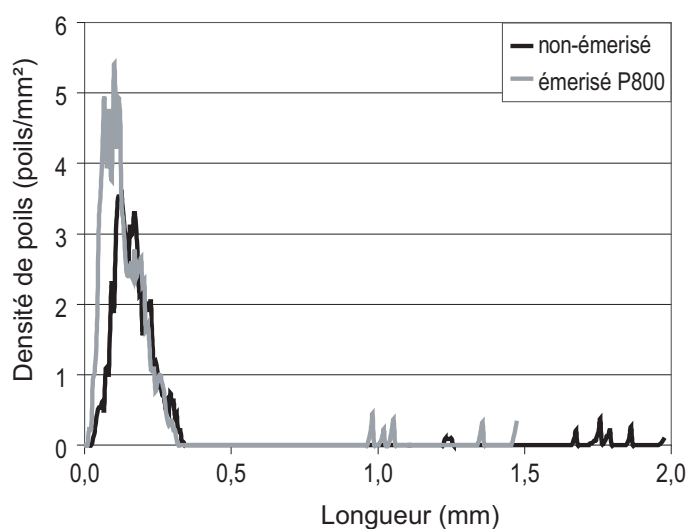


FIG. 5 – Distribution en longueur réelle des poils avant (en noir) et après (en gris) émerisage.

3.2 Profilomètre

Un exemple de résultat obtenu est donné à partir d'un sergé de microfibras de polyester (Fig. 6). Le Ra de cette surface est de 0,093 mm et son écart-type est de 0,113 mm, pour un Rt de 0,740 mm.

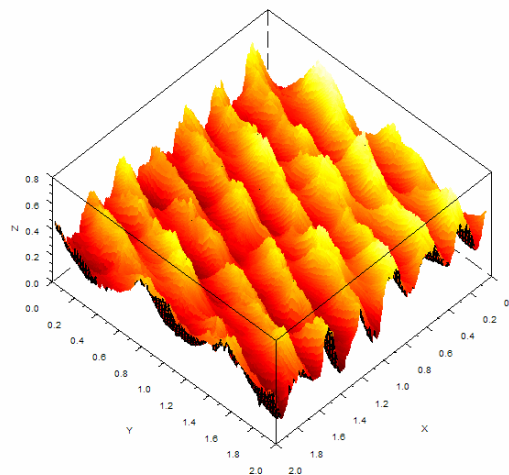
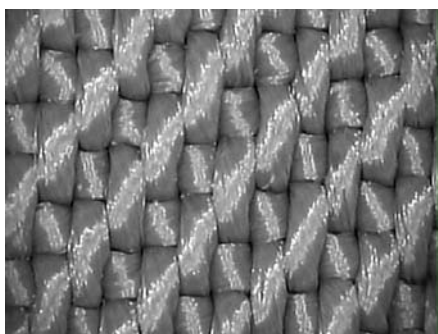


FIG. 6 – Photographie du sergé de polyester (à gauche) et profil 3D obtenu avec le profilomètre (à droite).

4 Conclusion

A partir d'un même montage optique faisant appel à de la strioscopie, un pilosimètre et un profilomètre pour matériaux fibreux ont été élaborés. Néanmoins, les conditions opératoires en termes de vitesse de défilement du matériau et du nombre d'images acquises sont adaptées à chaque système. De même, l'information exploitée est particulière à chaque dispositif ce qui implique un traitement d'image ad'hoc. Le principe optique et le traitement du signal sont décrits dans cet article. Des résultats sont présentés afin d'illustrer le propos.

Références

- Barella, A. & Manich, A. M. 1993 The hairiness of yarns. *Textile Progress*, 24, 1-49.
- Bueno, M.-A., Durand, B. & Renner, M. 2000 Optical Characterization of the State of the Fabric Surfaces. *Optical Engineering*, 39, 1697-1703.
- Cybulska, M. 1999 Assessing Yarn Structure with Image Analysis Methods. *Textile Research Journal*, 69, 369-374.
- Durand, B. & Schutz, R. A. 1983 Procédé et dispositif pour analyser les éléments émergeant de la surface d'un produit, French Patent 3 556 837 Patent.
- Felix, E. & Wampfler, H. 1990 Method and apparatus for examining hairiness of yarn, 4,948,260 US Patent.
- Governi, L. & Furferi, R., "An Image Processing based Method for Monitoring the Raising Process", Abstracts of the Fiber Society Symposium, vol., 75, 2005.
- Kuratle, C. 1999 Method and device for determining the optical features of treads, WO 99/54532 World Patent.
- Nevel, A., Gordon, K. W. & Leary, S. 1999 System and method for determining yarn hairiness, 5 875 419 US Patent.
- Osthoff-Senge, Hairiness Measuring Device - Hamsat -, <http://www.osthoff-senge.com/produkte/e/hairiness.htm>.