



HAL
open science

Caractérisation de la texture de non-tissés par polarimétrie

Michel Tournalonias, Marie-Ange Bueno, Laurent Bigué

► **To cite this version:**

Michel Tournalonias, Marie-Ange Bueno, Laurent Bigué. Caractérisation de la texture de non-tissés par polarimétrie. CFM 2007 - 18ème Congrès Français de Mécanique, Aug 2007, Grenoble, France. hal-03360507

HAL Id: hal-03360507

<https://hal.science/hal-03360507>

Submitted on 30 Sep 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Caractérisation de la texture de non-tissés par polarimétrie

Michel Tournalias^{1,2}, Marie-Ange Bueno¹ & Laurent Bigué²

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

11, rue Alfred Werner – 68093 Mulhouse cedex

² Laboratoire Modélisation Intelligence Processus Systèmes

12, rue des Frères Lumière – 68093 Mulhouse cedex

Ecole Nationale Supérieure d'Ingénieurs Sud Alsace, Mulhouse

Université de Haute-Alsace

michel.tournalias@uha.fr

Résumé :

L'objectif de cette étude consiste à caractériser la surface de non-tissés. Un non-tissé est constitué d'une nappe de fibres enchevêtrées de façon pseudo-aléatoire et dont la cohésion provient du processus de fabrication, dans notre cas, un thermoliage qui consiste à créer des points de fusion des fibres (points de calandrage). L'étude de la surface de ces matériaux fibreux particuliers nous informe sur leur texture qui influe fortement sur leurs propriétés organoleptiques, et sur l'orientation des fibres qui conditionne les propriétés mécaniques du matériau. Pour ce faire deux traitements d'images en degré de polarisation des échantillons sont développés. Afin de contrôler le processus de thermoliage une analyse des points de calandrage et du fond fibreux est réalisée. Afin de déterminer l'orientation majoritaire des fibres, influençant les propriétés mécaniques, seul le fond fibreux du matériau est analysé.

Abstract :

The aim of this study is to characterize the surface of thermobonded nonwovens. A non-woven consists of a net of fibres which are tangled in a pseudo-random way and whose cohesion comes from its manufacturing process, in our case, thermobonded process which consists in creating bonded points of the fibres (calandering points). The study of the surface of these particular fibrous materials give us information about their texture which influence their organoleptic properties and about fibres orientation which influences the mechanical properties of the material. With this aim in view two image processings of images in degree of polarization of the samples are realized. In order to control the thermobonded process, an analysis of the bonded points and the fibrous part is performed. In order to determine the main orientation of the fibres, which influence mechanical properties of the material, only the fibrous part is analyzed.

Mots-clefs :

texture, matériau fibreux ; polarimétrie.

1 Introduction

Aujourd'hui, la conception d'un produit destiné à être en contact avec l'homme ne se fait plus sans la prise en compte du rendu sensoriel de ce produit. Ces caractéristiques sensorielles s'ajoutent aux propriétés mécaniques nécessaires au bon fonctionnement du produit. Les surfaces textiles sont bien évidemment concernées. Ce travail concerne l'étude du rendu tactile de non-tissés et l'étude de l'orientation fibreuse au sein de la surface qui joue sur sa résistance mécanique.

Pour caractériser les surfaces textiles, nous avons mis en place un texturomètre polarimétrique [1]. Un trait lumineux balaye la surface en décrivant radialement un anneau et la transformée de Fourier temporelle du degré de polarisation de l'onde réfléchie traduit la texture de la surface. Le positionnement fréquentiel des pics traduit la périodicité de la texture de la

surface et leur amplitude est liée à l'état de surface de l'échantillon et à sa pilosité superficielle. Néanmoins, ce texturomètre polarimétrique n'est pas adapté à des surfaces non périodiques ; ainsi afin d'étendre l'analyse préalablement réalisée, une étude polarimétrique imageante des non-tissés a été entreprise.

2 Expérimentation

2.1 Surfaces textiles testées

Un non-tissé est une surface fibreuse constituée d'un enchevêtrement de fibres ou de filaments et dont la cohésion et la résistance mécanique peuvent être données par traitement chimique (liant chimique), par traitement thermique (thermoliage local) ou par traitement mécanique (liage par jet d'eau). Cette étude porte sur des non-tissés spunbonded thermoliés (100 % polypropylène), c'est-à-dire dont la cohésion est donnée lors d'un processus de calandrage. La nappe fibreuse passe entre deux cylindres chauds en rotation, dont l'un peut présenter un motif en relief, ici des picots de forme carrée. Au point de contact entre la nappe et les picots, le polymère fond de telle sorte que l'on obtient des points de liaison. Fiberweb BBA nous a fourni deux échantillons de spunbonded d'une même référence, c'est-à-dire devant avoir les mêmes caractéristiques. Or, le panel sensoriel interne à l'entreprise a caractérisé ces deux échantillons en terme de douceur et l'un a été qualifié comme étant conforme (NT4-C) et l'autre non-conforme (NT4-NC). Ces échantillons sont illustrés dans la figure 1.

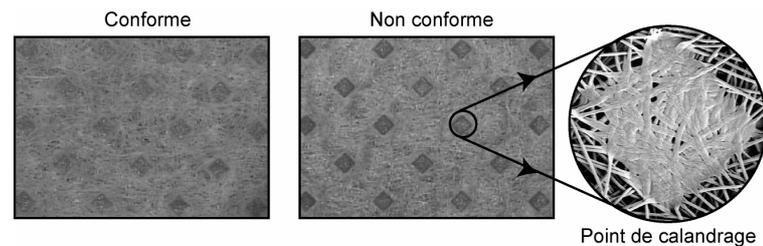


FIG. 1 – Non-tissés testés.

2.2 Principe de mesure – Polarimétrie

Fourt et al. [2] ont montré que la réflexion lumineuse à la surface d'une fibre est liée à l'orientation de celle-ci. De plus, le caractère plus ou moins biréfringent des matériaux et fibres textiles engendre des phénomènes au niveau des caractéristiques polarimétriques de la surface dans sa globalité. Boulbry [3] rappelle que tout composant d'un montage optique se comporte comme une fonction de transfert de polarisation de l'onde lumineuse incidente. Les caractéristiques de cette onde sont regroupées dans un vecteur appelé vecteur de Stokes tel que :

$$\vec{S}_s = [M]\vec{S}_e \quad (1)$$

avec \vec{S}_e : vecteur de Stokes de la lumière incidente,

\vec{S}_s : vecteur de Stokes de la lumière sortant du système considéré,

$[M]$: matrice de Mueller du système considéré c'est-à-dire sa fonction de transfert.

. Sachant que les caractéristiques de polarisation d'une onde lumineuse sont entièrement décrites par un vecteur appelé vecteur de Stokes défini par 4 composantes [4] :

$$\vec{S} = \begin{bmatrix} S_0 \\ S_1 \\ S_2 \\ S_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_p + I_s \\ I_p - I_s \\ I_{+45} - I_{-45} \\ I_d - I_g \end{bmatrix} \quad (2)$$

avec I_p = intensité polarisée linéairement dans le plan d'incidence (0°)
 I_s = intensité polarisée linéairement à 90°
 I_{+45} = intensité polarisée linéairement à 45°
 I_{-45} = intensité polarisée linéairement à -45°
 I_d = mode polarisé circulairement à droite
 I_g = mode polarisé circulairement à gauche

Dans notre expérience, l'onde lumineuse est monochromatique (fournie par un laser) et est polarisée. Des mesures nous ont permis de vérifier que dans nos applications, à l'échelle macroscopique, $S_2 \approx S_3 \approx 0$, c'est à dire qu'il n'y a pas de rotation, ni de circularisation de la polarisation. Par conséquent, l'état de polarisation de l'onde réfléchi est entièrement défini par ses paramètres linéaires à 0° et à 90° . Ainsi, le degré de polarisation de l'onde [5], défini à partir des composantes du vecteur de Stokes peut être déterminé par :

$$P = \frac{I_{pol}}{I_{tot}} = \frac{\sqrt{S_1^2 + S_2^2 + S_3^2}}{S_0} \approx \frac{\sqrt{S_1^2}}{S_0} = \frac{|S_1|}{S_0} = \frac{|I_p - I_s|}{I_p + I_s} \quad (3)$$

2.3 Imagerie polarimétrique – Mise en place du montage optique

L'étude porte sur l'analyse polarimétrique du faisceau réfléchi par l'échantillon étudié. Pour cela, nous avons réalisé le montage optique décrit en fig.2. Ce montage permet l'acquisition des images nécessaires à la détermination en chaque pixel du degré de polarisation linéaire de l'onde (éq. 2). Pour s'affranchir d'un défaut de parallélisme entre les faces du polariseur occasionnant un décalage entre les pixels lors de la rotation de celui-ci, nous avons repris le principe de mesure détaillé par Terrier *et al.* [6]. L'image en degré de polarisation est calculée à partir d'images acquises en faisant tourner une lame quart-d'onde (L3).

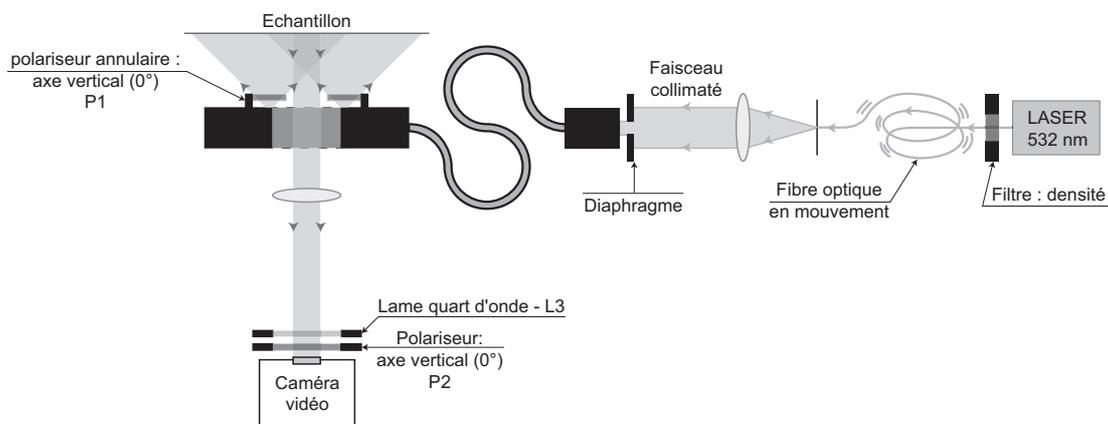


FIG. 2 – Schéma du montage d'imagerie polarimétrique.

3 Résultats – Discussion

3.1 Caractérisation de la texture des non-tissés

Les 2 formes du non-tissé caractérisées par les termes de conforme (NT4-C) ou non-conforme (NT4-NC) par rapport à leur douceur ne présentent pas les mêmes énergies au niveau des pics fréquentiels de texture que l'on peut obtenir au moyen du texturomètre polarimétrique [1]. Des images en degré de polarisation et en intensité lumineuse totale de ces non-tissés ont été acquises. L'étude est faite sur une bande de non-tissé (fig. 3). La valeur moyenne du degré de polarisation selon chaque colonne de l'image de cette bande de matière a été calculée. Ce choix permet de pouvoir comparer le comportement en polarisation du fond fibreux avec celui des points de calandrage sans influence d'une zone sur l'autre.

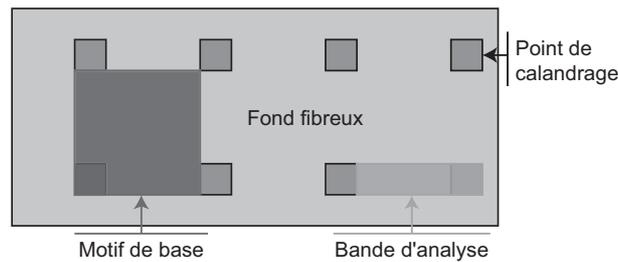


FIG. 3 – Zones caractéristiques d'un non-tissé.

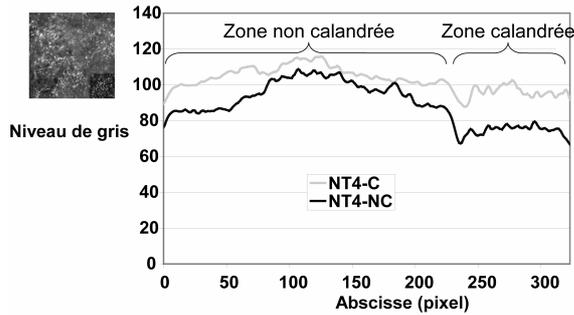


FIG. 4 – Profils en intensité totale des images des non-tissés.

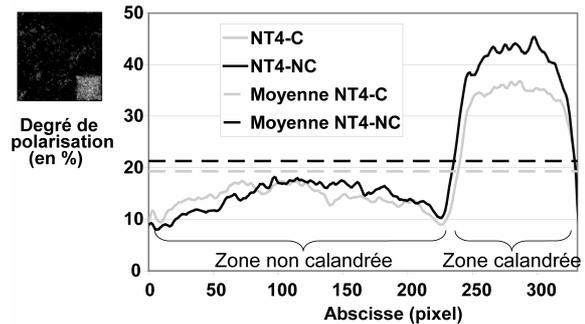


FIG. 5 – Profils en degré de polarisation des images des non-tissés.

Les résultats obtenus (fig. 4 et 5) montrent que la discrimination entre les deux versions du non-tissé se fait au niveau des points de calandrage. En effet, la dépolariation y est moindre pour le non-tissé qualifié de conforme. Le fond fibreux est similaire. C'est donc le processus de calandrage qui engendre le défaut constaté. L'accroissement de la polarisation de l'onde réfléchie dans le cas du non-tissé non-conforme témoigne d'une réflexion spéculaire plus importante et donc d'un calandrage plus marqué qui traduit une modification des réglages machine (température de calandrage plus importante, pression plus marquée, ...).

3.2 Orientation des fibres au sein des non-tissés

La résistance mécanique d'un non-tissé est donnée par le processus de cohésion de la nappe, mais également par l'orientation des fibres le constituant. En effet, la résistance mécanique de la surface est supérieure dans la direction d'orientation majoritaire des fibres puisque le frottement interfibre est plus important du fait d'une surface de contact plus grande. Pourdeyhimi *et al.* [7-12] présentent une modélisation de l'arrangement des fibres à la surface d'un non-tissé. Pour cela, suivant la méthode de Gong *et al.* [13], les auteurs utilisent des procédures de traitement d'images et de suivi des fibres après squelettisation, ainsi qu'une transformation de Fourier en 2D. Ces traitements sont ensuite testés sur des échantillons réels après seuillage.

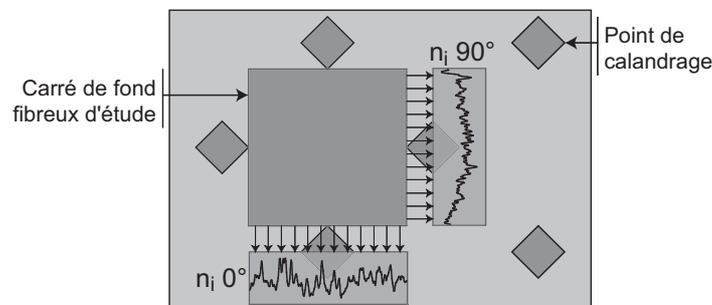


FIG. 6 – Zone d'étude de l'orientation des fibres au sein du non-tissé.

Pour la détermination de l'orientation des fibres seule une zone fibreuse entre les points de calandrage est étudiée (fig. 6). Les résultats obtenus à partir du montage polarimétrique décrit plus haut (fig. 2) montrent que les fibres et plus particulièrement leur direction sont nettement plus visibles sur les images en degré de polarisation que sur les images classiques en intensité totale (images de luminance) (fig. 7).

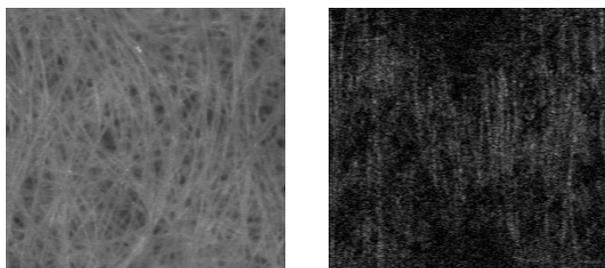


FIG. 7 – Exemples d'images obtenues en intensité totale (à gauche) et en degré de polarisation (à droite)

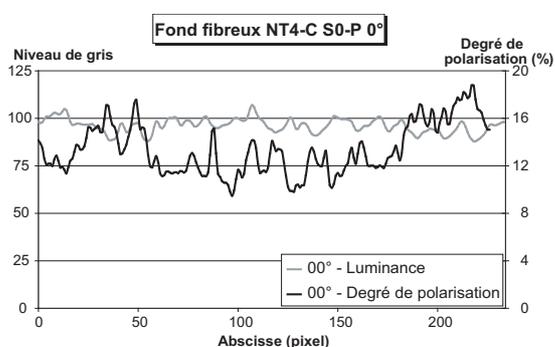


FIG. 8 – Exemple de profil de moyennes de luminance et de degré de polarisation par colonne.

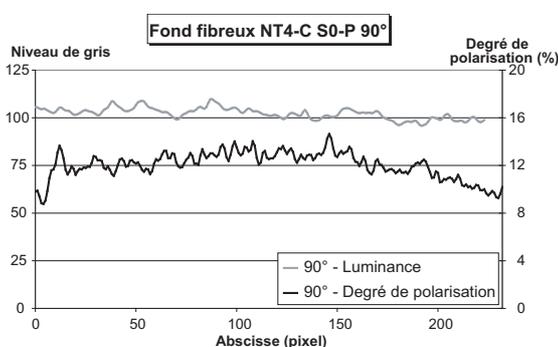


FIG. 9 – Exemple de profil de moyennes de luminance et de degré de polarisation par ligne.

Cette fois-ci, nous avons moyenné les niveaux de gris de l'image par colonne d'une part, et par ligne d'autre part. Cette étude est menée comparativement sur les images en luminance et en degré de polarisation (fig. 6). Les courbes obtenues (fig. 8 et 9) montrent des variations faibles de niveau de gris sur la largeur de l'échantillon en considérant les images en intensité totale à 0° comme à 90° . Par contre, des écarts significatifs existent au niveau des images en degré de polarisation. Pour l'orientation à 0° , les variations sont importantes alors qu'elles sont faibles à 90° . Ceci peut être mesuré en calculant la moyenne des écarts. Les moyennes des résultats obtenus calculées sur 5 essais sont récapitulées dans le tableau 1.

De par le procédé de fabrication, les fibres sont majoritairement orientées parallèlement à la direction 0° , ce qui est en adéquation avec les résultats obtenus. En effet, les fibres ressortent avec un degré de polarisation supérieur à l'ensemble de la surface. L'écart moyen calculé sur les courbes expérimentales de profil permet de visualiser ce phénomène. Lorsque l'on moyenne parallèlement aux fibres, une colonne de pixels de la caméra peut être majoritairement constituée d'une fibre (en clair sur la fig. 7 à droite) ou non, donc être plus noire, d'où une variation importante des niveaux de gris d'une colonne à la suivante. En revanche, dans le cas où on considère une coupe perpendiculaire aux fibres une colonne sera une moyenne de pixels de niveaux de gris a priori relativement différents. Les tendances obtenues à partir des échantillons de type non-conforme sont parfaitement similaires à ceux obtenus sur les échantillons conformes.

| NT4 | C | | NC | |
|-----------------------|------|------|------|------|
| | 0° | 90° | 0° | 90° |
| Intensité totale | 3,44 | 3,17 | 3,71 | 3,27 |
| Degré de polarisation | 1,59 | 0,86 | 2,32 | 1,12 |

TABLEAU 1 – Ecart moyens calculés sur les profils des fonds fibreux.

4 Conclusions – Perspective

Cette étude polarimétrique permet, sans contact et par conséquent sans destruction du matériau, de caractériser plus précisément des échantillons de non-tissés. D'une part, il est possible de mesurer l'intensité de calandrage subi par la nappe fibreuse lors de sa fabrication et de fait de contrôler les réglages en étudiant le degré de polarisation des points de fusion. Le matériau au niveau de ces points de fusion se comporte comme un miroir en dépolarisant moins la lumière que ne le fait le fond fibreux. Un calandrage plus marqué augmente ce phénomène. La seconde partie de l'étude permet en s'intéressant, cette fois-ci au fond fibreux de déterminer l'orientation majoritaire des fibres au sein du non-tissé. Cependant, l'étude n'est menée que dans les 2 directions principales croisées du non-tissé. Réaliser ces mesures dans toutes les directions du plan pourrait permettre de quantifier la répartition des fibres selon la direction.

Références

- 1 M. Turlonias, L. Bigué, M.-A. Bueno and M. Renner. *Caractérisation par méthode optique de l'arrangement des fibres émergeant d'un matériau fibreux*. in 17^{ème} Congrès Français de Mécanique. 2005. Troyes (France).
- 2 L. Fourt and A. M. Sookne, *The Improvement of Luster of Cotton - Part I-VIII*. Textile Research Journal, 1951-1954.
- 3 B. Boulbry, Thèse: *Mise en place d'un polarimètre de Mueller achromatique dans le domaine du visible en régime laser impulsif*. 2002, Université de Bretagne occidentale: Brest. 168 p.
- 4 M. Born and E. Wolf, *Principles of optics*. 6^{ème} édition ed. 1980, Oxford: Pergamon Press. 808 p.
- 5 D. Goldstein, *Polarized Light - Second Edition, revised and expanded*. 2003, New-York, Basel: Marcel Dekker. 653 p.
- 6 P. Terrier and V. Devlaminck, *Système polarimétrique pour l'analyse d'images*. Traitement du Signal, 2000. **17**(5-6): p. 479-490.
- 7 B. Pourdeyhimi, R. Ramanathan and R. Dent, *Measuring Fiber Orientation in Nonwovens - Part I: Simulation*. Textile Research Journal, 1996. **66**(11): p. 713-722.
- 8 B. Pourdeyhimi, R. Ramanathan and R. Dent, *Measuring Fiber Orientation in Nonwovens - Part II: Direct Tracking*. Textile Research Journal, 1996. **66**(12): p. 747-753.
- 9 B. Pourdeyhimi, R. Dent and H. Davis, *Measuring Fiber Orientation in Nonwovens - Part III: Fourier Transform*. Textile Research Journal, 1997. **67**(2): p. 143-151.
- 10 B. Pourdeyhimi and R. Dent, *Measuring Fiber Orientation in Nonwovens - Part IV: Flow Field Analysis*. Textile Research Journal, 1997. **67**(3): p. 181-187.
- 11 B. Pourdeyhimi, R. Dent, A. Jerbi, S. Tanaka and A. Deshpande, *Measuring Fiber Orientation in Nonwovens - Part V: Real Webs*. Textile Research Journal, 1999. **63**(3): p. 185-192.
- 12 B. Pourdeyhimi and H. S. Kim, *Measuring Fiber Orientation in Nonwovens: The Hough Transform*. Textile Research Journal, 2002. **72**(9): p. 803.
- 13 R.-H. Gong and A. Newton, *Image-Analysis Techniques - Part 2 : The Measurement of Fibre Orientation in Nonwoven Fabrics*. Journal of the Textile Institute, 1996. **87 Part 1**(2): p. 371-388.