By : **Jean-Rémi Bethys,** Institut d’Optique Graduate School & master Advance Imaging and Material Appearance (AIMA), Université Jean Monnet St Etienne

**Simuler le rendu du textile**

Prédire l’apparence d’un tissu est un enjeu notamment pour l’industrie du textile, où l’on souhaite simuler le rendu de vêtements. Cela peut servir pour créer des images de synthèse de tissus, utiles pour le domaine artistique mais aussi pour proposer aux potentiels clients un aperçu de l’apparence d’un vêtement par exemple, ou tout simplement pour permettre aux industriels do caractériser une étoffe, dos fibres, ou des fils. Les fibres du tissu possèdent des microstructures qui rendent compliquée la simulation de la propagation de la lumière. Aussi, il existe différentes manières de modéliser un textile.

Les fils utilisés pour le tissage d’étoffes peuvent-être composés de différentes fibres. On peut simuler le rendu en utilisant les propriétés intrinsèques de chaque fibre composant le fil tissé. Parmi les modèles qui permettent ce type de simulation on distingue ceux qui considèrent que les fibres ont une section circulaire (voire elliptique) [1-6] de ceux qui considèrent la géométrie réelle de la fibre qui est bien souvent assez différentes d’un simple cylindre, surtout après transformation (tissage, teinture,...) [24-25-27]. Les modèles utilisant une section de fibre circulaire présentent des résultats réalistes à l’échelle macroscopique mais moins bons à l’échelle microscopique que ceux qui utilisent une géométrie réaliste. Ces derniers peuvent définir la forme de la fibre par tomographique, en utilisant par exemple des micro scanners CT [7 11] ce qui rend les expérimentations plus complexes et coûteuses. D’autres modèles en revanche utilisent les propriétés du brin (contenant plusieurs fibres) [12-13] en générant une représentation volumétrique en spécifiant les densité et l’orientation de chaque brin. Toujours par une approche volumétrique d’autres articles utilisent une représentation des fibres par micro-flocons (micro-flake model) [7,9,11,14-16], où l’on modélise le matériau par des particules spéculaires orientées de manière à reproduire la distribution de la lumière. Cette méthode produit des résultats réalistes à l’œil mais assez éloignés de la réalité de la diffusion de la lumière dans le matériau.

La modélisation de la diffusion de la lumière dans le matériau est également compliquée puisque les fibres sont anisotropiques tant en diffusion qu’en réflexion. On peut donc choisir différentes manières de modéliser le transport de la lumière dans le matériau suivant des simplifications de modèles de diffusion. Certains travaux présentent par exemple les fonctions de diffusion pour différents types de fibre [17-19]. Zinke ct al. [2] introduisent, dans unc approche de simulation volumétrique, unc Bidirectional Fibor Scattering Distribution Function (BFSDF) proche de la Bidirectional Scattering-Surface Reflectance Distribution Function (BSSRDF) et de la Bidirectionanl Scattering Distribution Function (BSDF) de laquelle ils se servent pour créer une Bidirectionnal Curve Scattering Distribution Function (BCSDF) qui peut être utilisée dans des cas de diffusion plus simples que la BFSDF. Cette BCSDF sera ensuite reprise dans plusieurs méthodes de simulation [12-13]. Khungurn et Zhao [9 -10] quant à eux utilisent une BCSDF simplifiée qui ne prend pas en compte la diffusion dans la fibre mais seulement la réflexion et la transmission.

D’autres méthodes (pour une représentation planaire cette fois) emploient une Bidirectionnal Texture Function (BTF) [20-21|. La BTF capture la variation suivant la configuration de l’éclairage à une échelle plus fine que la Bidirectionnal Reflectance Distribution Function (BRDF). Sattler, Irawan et leurs équipes respectives [22-23] utilisent quant à eux un modèle de diffusion locale paramétrique.

Aliaga et al. [24] quant à eux utilisent la géométrie réelle des fibres et un modèle de diffusion basée sur une BSCDF, une méthode similaire à celle employée par [25] pour la fourrure. Leur modèle présente l’avantage de pouvoir utiliser des paramètres de fabrication qui ont un effet sur la géométrie de la fibre (et donc sur ses propriétés optiques).

Pour des applications plus orientées création on peut privilégier une méthode moins physique mais qui permet un rendu en temps réel [26-27].

*A noter que la simulation des cheveux n'a pas été traitée ici, bien que le domaine du rendu du textile et du rendu des cheveux se recoupent régulièrement, de nombreux modèles cités ici étant basés sur des modèles créés pour la simulation de chevelures.*

**Références**

[1] MARSCHNER S. R., JENSEN H. W., CAMMARANO M., WORLEY S, HANRAHAN P.: Light scattering from: human hair fibers. ACM Trans. Graph. 22, 3 (2003)

[2] ZINKE A., WEBER A.: Light scattering from filaments. IEEE Trans. Vis. Comp. Graph. 13, 2 (2007)

[3] D'EON E., FRANCOIS G., HILL M., LETTERI J., AUBRY J.- M.: An energy-conserving hair reflectance model, Computer Graphics Forum 30, 4 (2011).

[4] YAN L.-Q., TSENG C.-W., JENSEN H. W., RAMAMOORTHI R.: Physically-accurate fur reflectance: modeling, measurement and rendering. ACM Trans. Graph. 34, 6 (2015).

[5] SADEGHI I, PRITCHETT H., JENSEN H. W., TAMSTORF R.: An artist friendly hair shading system. ACM Trans. Graph. 29, 4 (2010)

[6] CHIANG M. J-Y., BITTERLI B., TAPPAN C., BURLEY B.: A practical and controllable hair and fur model for production path tracing. Computer Graphics Forum 35, 2 (2015).

[7] ZHAO S., JAKOB W., MARSCHNER S., BALA K.: Building volumetric appearance models of fabric using micro ct imaging. ACM Trans. Graph. 30, 4 (2011)

[8] ZHAO S., JAKOB W., MARSCHNER S., BALA K.: Structureaware synthesis for predictive woven fabric appearance. ACM Trans. Graph. 31, 4 (2012).

[9] KHUNGURN P., SCHROEDER D., ZHAO S., BALA K., MARSCHNER S.: Matching real fabrics with micro appearance models. ACM Trans. Graph. 35, 1 (2015) [10] ZHAO S., LUAN F., BALA K.: Fitting procedural yarn models for realistic cloth rendering. ACM Trans. Graph. 35, 4 (2016)

[11] ZHAO S., HASAN M., RAMAMOORTHI R., BALA K.: Modular flux transfer: efficient rendering of high-resolution volumes threated structures. ACM Trans. Graph. 32, 4 (2013).

[12] SCHRODER K., KLEIN R., ZINKE A.: À volumetric approach to predictive rendering of fabrics. Computer Graphics Forum 30, 4 (2011).

[13] SCHRÔDER K., ZINKE A., KLEIN R.: Image-based reverse engineering and visual prototyping of woven cloth. IEEE Trans. Vis. Comp. Graph. 21, 2 (2015).

[14] JAKOB W., ARBREE A., MOON J. T., BALA K., MARSCHNER S.: A radiative transfer framework for rendering materials with anisotropic structure. ACM Trans. Graph. 29, 4 (2010)

[15] HEITZ E., DUPUY J., CRASSIN C., DACHSBACHER C.: The SGGX microflake distribution. ACM Trans Graph. 31, “ (2015).

[16] LOPEZ-MORENO J., MIRAUT D., CIRIO G., OTADUY M. A.: Sparse GPU voxelization of yarn-level cloth. Compnter Graphics Forum (2015)

[17] YAMADA J: Radiative properties of fibers with non-circular cross sectional shapes. Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer 73, 2 (2002), 261-272

[18] LIU X., WANG F.: Visible light shielding performance of fabrics with non-circular cross section fiber. Journal of Engineered Fabrics & Fibers (JEFF) 7, 3 (2012)

[19] ASLAN M., YAMADA J., MENGUC P., THOMASSON A.: Radiative properties of individual cotton fibers: Experiments and predictions. In 8th AIAA/ASME Joint Thermophysics and Heat Transfer Conference (2002), p. 3325

[20] DANA K. J., VAN GINNEKEN B., NAYAR S. K., KOENDERINK J. J.: Reflectance and texture of real-world surfaces, ACM Trans. Graph. 18, 1 (1999)

[21] SATTLER M., SARLETTE R., KLEIN R.: Efficient and realistic visualization of cloth. In Proceedings of EGSR (2003)

[22] IRAWAN P., MARSCHNER S.: Specular reflection from woven cloth. ACM Trans. Graph. 31, 1 (2012).

[23] SADEGHI L., BISKER O., DE DEKEN J., JENSEN H. W.: À practical microcylinder appearance model for cloth rendering. ACM Trans. Graph. 32, 2 (2013).

[24] ALIAGA C., CASTILLO C.. GUTIERREZ D., OTADUY M., LOPEZ-MORENO J., JARABO A., An Appearance Model for Textile Fibers, Computer Graphics Forum, v.36 n.4, p.35-45 (2017)

[25] OGAKI $., TOKUYOSHI Y., SCHOELLHAMMER S.: An empirical fur shader. In ACM SIGGRAPH ASIA 2010 Sketches (2010)

[26] WU K., YUKSEL C.: Real-time fiber-level cloth rendering. In Proceedings of 13D (2017)

[27] ALEJANDRE A., ALIAGA C., MARCO J., JARABO A., MUNOZ A. Towards Practical Rendering of Fiber- Level Cloth Appearance Models. (2018)