

## Sujet de thèse en Informatique

### Acquisition et simulation physique de apparence des surfaces

Encadrants : X. Granier et R. Pacanowski

#### Contexte :

Que cela soit pour développer des maquettes numériques pour l'architecture, l'archéologie ou encore des effets spéciaux, l'informatique graphique et, plus particulièrement, la synthèse d'images requièrent de plus en plus de s'appuyer sur des grandeurs physiques.

Historiquement, le domaine s'est essentiellement appuyé sur des modèles mathématiques développés de manière empirique afin de reproduire l'apparence des matériaux. Bien souvent, ces modèles font des hypothèses. Une conséquence immédiate de ces choix est le manque de réalisme des images synthétisées et surtout l'absence de garantie ou de certification possible sur les résultats de simulation obtenus.

Dans ce contexte, modéliser le comportement des matériaux vis à vis de la lumière est un domaine de recherche à la frontière entre la physique, les mathématiques et l'informatique. D'une part la physique est nécessaire afin de comprendre les phénomènes qui entrent en jeu, et d'autre part les mathématiques et l'informatique le sont pour pouvoir exploiter au mieux les modèles développés dans les simulations numériques.

Dès lors, il devient de plus en plus nécessaire de mesurer à l'aide de dispositifs physiques les différentes propriétés optiques (réflectance, transparence, transmittance, diffusion sous-surfacique) des matériaux. Cette tendance, qui a commencé en informatique graphique il y a une dizaine d'années, a eu pour effet le développement de nombreux dispositifs de mesures innovants, éloignés des dispositifs optiques traditionnels. Cependant, les méthodes et les équipements développés manquent de validation physique quantitative, se contentant bien souvent d'une appréciation qualitative visuelle. En outre, afin de tirer au mieux parti de ces nouvelles données acquises, il est aussi nécessaire de développer de nouveaux algorithmes et structures de données pour la synthèse d'images.

#### Objectifs de la thèse :

Dans un premier temps, il s'agira de mettre au point un protocole de mesures physiques de l'apparence des matériaux. Le dispositif développé se devra d'être portable et de faible coût afin de pouvoir facilement être utilisé *in situ* ainsi que par des utilisateurs non experts. De plus, une étude métrologique sera également conduite afin de quantifier les différentes erreurs et d'établir un critère de confiance dans les mesures.

Dans un second temps, une étape de modélisation et de représentation de l'apparence à partir des mesures physiques obtenues sera nécessaire afin d'introduire de manière efficace les mesures physiques dans la simulation du transport lumineux. Aussi, cette étape de modélisation conduira à un raffinement du dispositif développé.

Dans un troisième temps, il s'agira de développer de nouveaux algorithmes de simulation du transport lumineux, basés sur les *Virtual Point Light* (VPL), afin de restituer l'apparence des matériaux dans différents contextes. De plus, les algorithmes et structures de données seront développés de telle sorte à tirer au maximum profit des architectures parallèles, et ce aussi bien pour une exécution sur carte graphique (GPU) que sur plusieurs processeurs (CPU) voire sur une grappe de machines.

Enfin, les différentes techniques et représentations des matériaux développées seront mises en application dans le cadre d'un partenariat avec le Musée Ethnographique de Bordeaux (MEB) dont le but est de numériser l'apparence d'une collection de vêtements asiatiques datant du XVIIIème siècle afin de permettre leur exposition virtuelle au public sans risque de conservation.

## Références :

G. J. Ward. «Measuring and modeling anisotropic reflection», SIGGRAPH Computer Graphics, 26(2) : 265–272, 1992.

S. Marschner, S. Westin, E. Lafortune et K. Torrance. «Image-based measurement of the bidirectional reflectance distribution function », Applied Optics, 39(16) : 2592–2600, 2000.

A. Gardner, C. Tchou, T. Hawkins, Paul Debevec, « Linear Light Source Reflectometry », ACM Trans. Graph. Volume 22, n°3, p. 749-758, Juillet 2003.

Abhijeet Ghosh, Tongbo Chen, Pieter Peers, Cyrus A. Wilson et Paul Debevec, « Estimating specular roughness and anisotropy from second order spherical gradient illumination », Proceedings of the Twentieth Eurographics conference on Rendering (EGSR'09), pages 1161-1170, 2009.

Peiran Ren, Jiaping Wang, John Snyder, Xin Tong et Baining Guo, « Pocket reflectometry ». ACM Trans. Graph. Volume 30, n°4, Article 45, Juillet 2011.

Jan Meseth, Shawn Hempel, Andrea Weidlich, Lynn Fyffe, Graham Fyffe, Craig Miller, Paul Carroll et Paul Debevec, « Improved Linear Light Source material reflectance scanning », ACM SIGGRAPH 2012 Talks (SIGGRAPH '12), ACM, New York, NY, USA, Article 11.

Borom Tunwattanapong, Graham Fyffe, Paul Graham, Jay Busch, Xueming Yu, Abhijeet Ghosh et Paul Debevec, « Acquiring reflectance and shape from continuous spherical harmonic illumination », ACM Trans. Graph. Volume 32, n°4, Article 109, Juillet 2013.  
29/01/2014

Addy Ngan, Frédo Durand et Wojciech Matusik, « Experimental Analysis of BRDF Models », EGSR'05 Proceedings of the Sixteenth Eurographics conference on Rendering Techniques, pages 117-126, 2005.

Yue Dong, Jiaping Wang, Xin Tong, John Snyder, Yanxiang Lan, Moshe Ben-Ezra et Baining Guo, « Manifold bootstrapping for SVBRDF capture », ACM Trans. Graph. 29, 4, Article 98, Juillet 2010.

Miika Aittala, Tim Weyrich et Jaakko Lehtinen, « Practical SVBRDF capture in the frequency domain », ACM Trans. Graph. 32, 4, Article 110, Juillet 2013.

Alexander Keller. 1997. Instant radiosity. In *Proceedings of the 24th annual conference on Computer graphics and interactive techniques* (SIGGRAPH '97). ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co., New York, NY, USA, 49-56. DOI=10.1145/258734.258769 <http://dx.doi.org/10.1145/258734.258769>

Bruce Walter, Pramook Khungurn, and Kavita Bala. 2012. Bidirectional lightcuts. *ACM Trans. Graph.* 31, 4, Article 59 (July 2012), 11 pages. DOI=10.1145/2185520.2185555  
<http://doi.acm.org/10.1145/2185520.2185555>

Miloš Hašan, Jaroslav Křivánek, Bruce Walter, and Kavita Bala. 2009. Virtual spherical lights for many-light rendering of glossy scenes. In *ACM SIGGRAPH Asia 2009 papers* (SIGGRAPH Asia '09). ACM, New York, NY, USA, , Article 143 , 6 pages. DOI=10.1145/1661412.1618489  
<http://doi.acm.org/10.1145/1661412.1618489>

Wojciech Matusik, Hanspeter Pfister, Matt Brand, and Leonard McMillan. 2003. A data-driven reflectance model. *ACM Trans. Graph.* 22, 3 (July 2003), 759-769. DOI=10.1145/882262.882343  
<http://doi.acm.org/10.1145/882262.882343>