

## **Ces détails qui ont leur importance : prise en compte des effets haute fréquence en simulation d'éclairage.**

### **Résumé de la thèse :**

L'objectif principal de cette thèse est d'aborder avec le plus d'exhaustivité possible l'ensemble des effets hautes fréquences produits par de petits objets dont la courverture sur l'image est inférieure à un pixel. Ces effets sont difficiles à traiter de manière robuste et nous souhaitons apporter des solutions adaptées aux méthodes de rendu modernes.

### **Description complète du sujet de thèse :**

Les objets 3D utilisés de nos jours dans les scènes virtuelles sont de plus en plus précis, avec une description géométrique lourde à manipuler en mémoire, et qui implique des temps de traitement importants. Certains détails nécessitent une modélisation géométrique explicite et augmentent considérablement le nombre de primitives dans la scène, impactant in fine l'efficacité des méthodes de simulation d'éclairage. Des stratégies peuvent être adoptées afin de limiter cette explosion géométrique : textures de normales, modélisation procédurale, modélisation paramétrique, etc. Elles ne sont pourtant pas toutes adaptées aux méthodes de simulation physiquement réalistes et/ou ne permettent pas de simuler tout type d'effets.

Certains effets peuvent être très subtils, tout en reposant sur des éléments de forme ou d'apparence très fins et couvrant une faible portion de l'image finale. Ils sont la conséquence d'une description géométrique à haute fréquence (arêtes saillantes, particules en suspension, caustiques et reflets de sources lumineuses, etc.). Les méthodes modernes de rendu faisant toutes appel à un échantillonnage des pixels à l'aide d'une quadrature de Monte Carlo, elles ne sont pas efficaces pour capter ces effets. Pourtant, ils sont primordiaux pour donner une perception réaliste d'une scène.

Parmi ces effets lumineux, certains ont déjà fait l'objet d'une étude en informatique graphique, pour leur prise en compte dans des méthodes de simulation d'éclairage modernes. Nous pouvons par exemple citer les caustiques [1,6], les micro-rayures sur des surfaces brillantes [2,3] ou encore de l'enrichissement de la géométrie sans modélisation explicite [7]. D'autres nécessitent encore cette modélisation explicite et restent complexes à prendre en compte dans la simulation d'éclairage. C'est le cas par exemple des arêtes chanfreinées ; dans la réalité, aucune arête ne forme un angle parfait entre deux ou plusieurs surfaces - il existe toujours un rayon de courbure. Ce rayon de courbure peut, dans certaines conditions d'éclairage, former un reflet lumineux intense aidant à la perception de la forme 3D de l'objet. Une solution naïve est de modéliser toutes ces arrêtes de manière explicite. Mais dans les scènes complexes, ce procédé augmente considérablement la taille mémoire des scènes et le coût de traitement au moment du rendu. Enfin, dans une scène réaliste de grande taille, bien que ces effets hautes fréquences concernent la quasi totalité des objets, les pixels concernés ne couvrent qu'une infime surface de l'image finale. Certains travaux ont fait l'objet de publications [4,5] pour le cas de rendus temps réel mais les méthodes proposées ne sont pas adaptées au rendu réaliste.

Le premier travail de cette thèse est de compléter la bibliographie concernant ces effets particuliers et d'en dégager les méthodes pouvant être adaptées au traitement des effets hautes fréquences. Ces derniers ont fait l'objet de publications [4,5] pour le cas de rendus temps réel mais les méthodes proposées ne sont pas adaptées au rendu réaliste.

Un travail sou jacent concerne la représentation et la détection automatique de ce type d'effet. Plusieurs questions doivent être abordées. Partant d'une scène quelconque, est-il possible de les détecter ? Aussi, comment représente t on ces objets en mémoire pour leur utilisation dans un moteur de rendu ? Comment offrir à l'utilisateur un maximum de contrôle sur leur définition ? Un plugin blender [6] pourra alors être développé.

Enfin, la partie simulation physique d'éclairage devra être abordée, en lien avec les questions précédentes. Comment traiter efficacement ces effets dans une méthode de simulation basée Monte Carlo ? Une première piste de recherche pourra s'appuyer sur le papier de Li et al. [1] dont l'objectif est d'explorer localement et de manière efficace l'espace des chemins de lumières rencontrant de tels effets. Il faudra bien entendu voir dans quelle mesure ces travaux peuvent être adaptés à la problématique posée. La méthode pourra être implémentée directement dans le moteur de rendu Mitsuba [7], utilisé par l'équipe IG pour réaliser le rendu par simulation d'éclairage.

### **Compétence à l'issue de la thèse :**

Compétence en informatique graphique, rendu par lancé de rayons et modélisation géométrique 3D

### **Equipe d'accueil :**

L'équipe ASALI-IG de l'institut CNRS XLIM (UMR 7252), spécialisée dans le développement logiciel en informatique graphique. Les travaux de recherche couvrent les domaines de la modélisation géométrique, la géométrie discrète, l'animation basée physique, la visualisation interactive ou encore le rendu physico-réaliste.

### **Références bibliographiques :**

- [1] Tzu-Mao Li, Jaakko Lehtinen, Ravi Ramamoorthi, Wenzel Jakob, Frédo Durand. Anisotropic Gaussian Mutations for Metropolis Light Transport through Hessian-Hamiltonian Dynamics. *ACM Transactions on Graphics (Proceedings of ACM SIGGRAPH Asia)*, 34(6), 2015.
- [2] Boris Raymond, Gaël Guennebaud, Pascal Barla. Multi-Scale Rendering of Scratched Materials using a Structured SV-BRDF Model. *ACM Transactions on Graphics (proceedings of ACM SIGGRAPH)*, 2016.
- [3] Ling-Qi Yan, Miloš Hašan, Steve Marschner, Ravi Ramamoorthi. Position-Normal Distributions for Efficient Rendering of Specular Microstructure. *ACM Transactions on Graphics (Proceedings of SIGGRAPH)*, 2016.
- [4] Tanaka Toshimitsu, Takahashi Tokiichiro. Precise Rendering Method for Edge Highlighting. In *Scientific Visualization of Physical Phenomena*, Springer, 1991.
- [5] Ling-Yu Wei, Kan-Le ShiJun-Hai Yong. Rendering chamfering structures of sharp edges. *The Visual Computer*, Springer, 2014.
- [6] Wenzel Jakob, Steve Marschner. A Markov Chain Monte Carlo Technique for rendering scenes with difficult specular transport. *ACM Transactions on Graphics (Proceedings of ACM SIGGRAPH)*, 2012
- [7] Vincent Schüssler, Eric Heitz, Johannes Hanika and Carsten Dachsbacher. Microfacet-based Normal Mapping for Robust Monte Carlo Path Tracing. *ACM Transactions on Graphics (Proceedings of ACM SIGGRAPH ASIA)*, 2017