

Introduction

Durant ces vingt dernières années la constante progression des matériels et des techniques a permis l'avènement de l'imagerie de synthèse.

Les années 70 ont vu le passage des manipulations graphiques 2D¹ aux premières techniques de rendu 3D. Celles-ci permettent le rendu sur un écran bidimensionnel d'objets tridimensionnels représentés essentiellement sous forme de polygones plans. Les techniques de calcul de rendu sont incrémentales, appliquées aux polygones pour détermination des faces visibles² avant leur coloriage (voir [Sutherland74b] pour une étude de dix algorithmes différents). Les modèles d'éclairément utilisés sont simples : couleur uniforme pour chaque polygone ([Bouknight70]), et avec lissage éventuel ([Gouraud71]³, [Phong75]⁴). [Crow77a] propose un calcul d'ombres portées, et [Kay79] la simulation de la transparence et de la réfraction.

Le passage aux années 80 est marqué par l'utilisation de la technique du lancer de rayons. Bien que le premier article moderne⁵ soit [Appel68] et que le premier module présenté, MAGI, soit décrit dans [Goldstein71], cette technique a connu son essor lors de la parution des articles de Whitted et de Roth. Ceux-ci proposent l'utilisation du lancer de rayons respectivement pour le rendu des effets de réflexion et réfraction ([Whitted80]), et pour le rendu d'objets construits par assemblages (union, intersection, différence, [Roth82]). Les objets ne sont plus uniquement polygonaux, et le rendu de surfaces courbes est enfin possible sans lissage. En revanche le modèle d'éclairément communément adopté, proposé par Whitted, ne permet pas le rendu d'éclairéments diffus indirects. De plus ce modèle est empirique.

Une approche plus physique voit le jour dans le milieu des années 80 (voir [Cook82], [Hall83] et [Kajiya85]). Des modèles spectraux sont alors utilisés, liés aux mesures expérimentales réalisées sur différents matériaux.

Dans la même période apparaît la méthode de radiosité. Celle-ci, reprise par

¹coloriage de zones d'écran délimitées, algorithmes de tracé de droites et de courbes, voir [Bresenham77].

²tirant profit de la cohérence soit dans l'espace 2D de l'écran, soit dans l'espace 3D des objets.

³interpolation incrémentale sur les couleurs.

⁴interpolation incrémentale sur les normales.

⁵on trouvera dans [Hoffman90] la présentation des travaux de Dürer, datant de 1525, et proposant une technique de dessin assimilable au lancer de rayons !

([Goral84]) de la thermique où elle était utilisée depuis longtemps⁶, puis améliorée par [Cohen85], simule les éclairissements diffus. Elle ne permet par contre que la modélisation de ces éclairissements, bien que certains effets spéculaires soient pris en compte dans [Immel86].

La fin des années 80 voit enfin le mixage des effets de réflexion et de réfraction avec les effets diffus, soit en combinant radiosité et lancer de rayons ([Wallace87], [Sillion89a et b], [Tellier89], ...), soit en utilisant un lancer de rayons bidirectionnel ([Arvo86], [Chattopadhyay87], ...).

Le point commun à ces deux dernières techniques est l'énorme quantité de calcul engendrée. La puissance de calcul nécessaire pour le rendu d'images complexes est telle qu'au début des années 80 les scènes étaient "pauvres" (quelques primitives solides). Malgré l'augmentation en puissance des processeurs de calcul, et malgré les optimisations logicielles apportées aux algorithmes originaux, aujourd'hui encore les temps de synthèse peuvent être de plusieurs heures. La fin des années 80 a donc vu la mise en œuvre sur machines parallèles aussi bien du lancer de rayons (voir [Clearly86]), que de la radiosité (voir [Sillion89a]). En effet la relative indépendance du calcul de l'éclairissement d'un point d'écran vis-à-vis de ses voisins (lancer de rayons) ou du facteur de forme d'un polygone vis-à-vis de ses voisins (radiosité) font que ces algorithmes se prêtent bien à une parallélisation s'appuyant sur une distribution respectivement des pixels de l'écran ou de la base de données. Cette parallélisation semble la plus prometteuse pour l'avenir, puisqu'elle permet une accélération efficace des calculs et qu'elle peut utiliser les améliorations algorithmiques proposées en séquentiel.

Sans vouloir être par trop prospectif, on peut tout de même envisager que d'ici la fin des années 90 une machine dédiée à la synthèse d'images verra le jour, proche du calcul en temps réel (25 images par secondes) et combinant différentes techniques connues ou à venir de calcul de visibilité et d'éclairissement réaliste.

Notre travail s'inscrit dans le cadre de l'imagerie de synthèse réaliste par lancer de rayons dans un environnement parallèle. Partant d'une machine multiprocesseurs⁷ et d'un langage de programmation dédié au parallélisme⁸, nous avons mis en œuvre un algorithme parallèle de lancer de rayons autour duquel nous avons architecturé un environnement de génération d'images de synthèse. Cet environnement comprend un modeleur acceptant une description hiérarchique des scènes à visualiser, le lancer de rayons permettant le rendu de ces scènes, un interprète de commandes associé au lancer de rayons autorisant l'interactivité, ainsi que divers outils pour la visualisation

⁶pour la modélisation de transfert de flux.

⁷à base de Transputers.

⁸en l'occurrence le langage Occam.

et la sauvegarde des images ou séquences synthétiques.

Le chapitre 1 de ce rapport présente l'environnement de synthèse d'images que nous avons développé. Le chapitre 2 détaille le modeleur, tiré de travaux effectués à l'Université de Rennes I, et que nous avons enrichi. Un rappel de la technique du lancer de rayons et des diverses améliorations qui y ont été apportées au fil des ans est proposé au chapitre 3. Nous y justifions les choix effectués pour la mise en œuvre parallèle de l'algorithme. Cette mise en œuvre est détaillée dans le chapitre 4, et nous décrivons dans le chapitre 5 un interprète de commandes associé au programme de lancer de rayons et pilotant la machine parallèle. Une proposition pour la simulation de sources surfaciques lambertiennes est réalisée au chapitre 6. Nous discutons nos travaux puis concluons au chapitre 7. Enfin, une bibliographie est proposée au chapitre 8.

Une rapide annotation de références bibliographiques est réalisée à la fin de chaque chapitre, mettant en avant les principaux articles ou ouvrages traitant du sujet. Ces références y sont classées par ordre croissant suivant les années, et par ordre alphabétique au sein d'une même année. Cette présentation, peu usuelle, a l'avantage de permettre une recherche rapide des articles les plus récents intéressant un domaine particulier. Les références complètes et classées par auteur se trouvent à la fin de ce rapport. Leur nombre élevé reflète l'importance qu'a pris l'étude bibliographique dans nos travaux.