

Chapitre VII

Conclusion

Nous avons développé une chaîne complète de création d'images de synthèse. L'essentiel de nos efforts a porté sur l'interfaçage du module de rendu avec différents modèles d'objets issus de sources diverses, et sur l'accélération des calculs de rendu. Une représentation de ce travail est donnée à la figure VII.1.

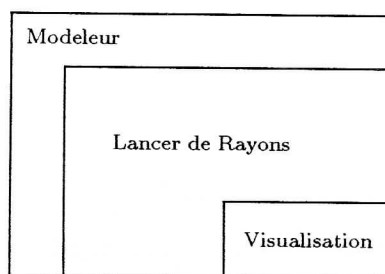


Figure VII.1: Représentation de l'outil de synthèse développé

L'algorithme du lancer de rayons se prête bien à une parallélisation des calculs de pixels. L'efficacité de la technique du *process farming* ([Packer87]) a été mise en évidence, assurant un bon équilibre des charges de calculs, et s'adaptant facilement à toute topologie de réseau de processeurs.

Les données représentant une scène sont statiques durant le calcul d'une image. Une distribution des textures, utilisées en lecture seulement, a été mise en place. L'efficacité de cette distribution a été évaluée. Nous pouvons envisager son extension aux autres données statiques. Nous pouvons également l'enrichir. Nous avons proposé à cet effet de répartir les données par zones de responsabilité, l'ensemble des processeurs du réseau étant servi par un nombre éventuellement plus faible de serveurs de données. Cette extension permet la synthèse de scènes plus complexes, et va donc dans le sens d'un plus grand réalisme sans pénaliser l'autonomie de calcul de chaque processeur.

Il reste à faire évoluer l'étage de modélisation, qui représente la partie la moins conviviale de notre outil. Le compilateur M³ assure l'interface avec la plupart des modeleurs du commerce, mais ne permet pas la construction interactive de scènes complètes. Et la génération d'animations reste encore complexe. Nous avons mis en place un début de solution, en réalisant un interprète de commandes pilotant la machine parallèle et le programme de lancer de rayons. Il reste à l'enrichir et à le mettre en place sur une station de travail.

De plus, nous voulions atteindre un haut degré de réalisme. La machine parallèle et l'algorithme de calcul du rendu utilisés, ainsi que le parallélisme mis en œuvre pour ce calcul, nous fournissent une puissance de calcul appropriée. Mais le modèle photométrique associé au lancer de rayons ([Whitted80]) n'est pas suffisant. Nous devrions à l'avenir nous orienter vers l'utilisation de modèles théoriques, et non plus empiriques. Cette démarche est parfaitement illustrée dans [Roelens90]. Nous devrions également utiliser simultanément différentes techniques de rendu, comme par exemple le calcul de radiosité (simulation des effets de diffusion) et la technique du lancer de rayons (simulation des effets de réflexion et de réfraction). Cette seconde démarche, initiée il y a quelques années (voir [Immel86] et [Wallace87]), a été largement reprise et enrichie depuis.

Le réalisme d'une image synthétique ne passe pas seulement par l'emploi d'un modèle photométrique réaliste. Les modèles d'objets visualisés doivent eux aussi être le plus proche possible de la réalité. La manipulation de nouveaux types d'objet reste à réaliser. Les surfaces représentées par des bicubiques sont utilisées pour modéliser les carrosseries de véhicules. A l'heure actuelle ces surfaces doivent être triangularisées pour être visualisées à l'aide de notre outil. Elles devraient à l'avenir être intégrées telles quelles dans notre environnement de synthèse. Il serait également intéressant de modéliser (ou de reconstruire) automatiquement des objets réels, à partir de vues stéréoscopiques ou d'appareillages laser par exemple. De nombreux travaux vont dans ce sens aujourd'hui. Enfin, certains effets atmosphériques ou propres aux scènes extérieures restent à simuler. En effet, nuages, pluie, orages, vent ou mouvements d'eau sont des effets nécessaires au réalisme d'animations pour ces scènes. Leur modélisation est envisagée au sein de notre outil.

Enfin la génération de séquences réalistes nécessite la modélisation d'animations complexes. Il n'existe aujourd'hui aucun outil de gestion de scénario véritable qui soit inséré dans notre environnement de synthèse. Ces animations devraient passer par la modélisation d'effets mécaniques. Et l'emploi de techniques issues du monde de l'intelligence artificielle devrait apporter une certaine souplesse dans leur création. Il reste à mettre en œuvre de tels modèles.

Nous avons donc développé un ensemble d'outils appliqués à la synthèse d'images. Il ne s'agit toutefois que d'un sous-ensemble de ce que nous appellerons *génération d'images*, ensemble beaucoup plus vaste englobant :

- d'autres types de modélisation, par exemple :
 - par mesures physiques sur maquettes
 - par reconstruction des formes, à partir
 - * de l'éclairément perçu ("*shape from shading*" en anglais)

- * de vues stéréoscopiques
- * de vues dynamiques
- * etc...
- d'autres types de calcul du rendu, par exemple utilisant
 - d'autres algorithmes de détermination des surfaces visibles
 - * utilisant une cohérence dans le domaine des objets, tel que la technique du tampon de profondeur ("Z-buffer" en anglais)
 - * ou utilisant une cohérence dans le domaine de l'écran, tel que les techniques par balayage de ligne ("scanline" en anglais)
 - d'autres types de calcul de l'éclairage, par exemple
 - * radiosité
 - * modèles plus théoriques que celui de Whitted, voir [Cook82], [Hall83] ou [Tellier89]
 - * etc...
- d'autres moyens de visualisation et/ou d'archivage, tels que
 - disques optiques numériques
 - transferts sur réseaux à très grands débits
 - etc...

Nous illustrons cet ensemble par la figure VII.2, où nous donnons une représentation possible de notre outil de synthèse d'images au sein de la génération

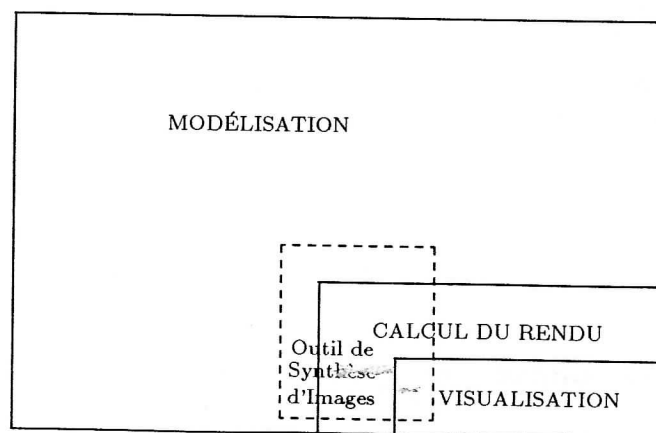


Figure VII.2: Représentation de la part de l'outil développé au sein de la génération d'images

d'images. Cet outil, répondant à certains types de besoin, doit donc être enrichi (autant en modèles qu'en algorithmes) afin de répondre à un plus large éventail d'applications.

Ayant surtout travaillé à l'accélération des calculs de rendu, nous terminerons cette conclusion par une discussion sur l'aspect temps réel des calculs de synthèse d'images. Le calcul d'images à une fréquence d'au moins 25 Hz est important pour certaines applications : aide au pilotage, simulation de déplacements, ou validation d'algorithmes de traitement d'images par exemple. Notre outil ne permet pas à l'heure actuelle le calcul d'images de synthèse complexes à cette fréquence. Deux voies peuvent être envisagées pour aboutir à une accélération des calculs de synthèse. La première consiste à travailler sur l'optimisation des algorithmes et à leur parallélisation. Cette solution est basée sur la montée en puissance des processeurs actuels et de leurs prochains successeurs (voir [Grosvalet91]). Une deuxième voie consiste à réaliser des processeurs et des cartes dédiées à certains traitements. L'inconvénient d'une telle solution est qu'elle est difficile à faire évoluer une fois réalisée. Les besoins spécifiques auxquels vont répondre ces accélérateurs doivent donc être parfaitement estimés. Par exemple, on peut envisager la création d'une machine dédiée à la visualisation de terrains si l'essentiel des applications qui l'utiliseront tourne autour de la synthèse de scènes d'extérieurs. Certains algorithmes fréquemment utilisés, tels que le plaquage de texture ou les calculs matriciels et vectoriels, peuvent aussi faire l'objet d'accélération matérielle, éventuellement par construction d'un processeur dédié comme cela a déjà été proposé pour certains types d'objets ([Bouatouch89]). Il reste que la première solution, du fait de sa généralité, semble la plus apte à répondre à un plus grand nombre de besoins.

Nos travaux de thèse ont donc abouti à la réalisation d'un outil de synthèse d'images s'interfaçant avec la plupart des outils de modélisation, et autorisant (tout en l'accélération) le calcul d'images de synthèse réalistes. Si cet outil répond à un grand nombre de besoins, il ne peut prétendre le faire pour l'ensemble d'entre eux actuellement. En revanche, du fait de sa structure, son enrichissement tant logiciel que matériel est envisageable, et est facilement réalisable.

Références bibliographiques

Les articles référencés ici sont classés par année de parution, et rapidement annotés. Leurs références complètes se trouvent dans la bibliographie générale en fin de rapport.

- [Whitted80] Proposition d'un modèle photométrique empirique appliqué au lancer de rayons.
- [Immel86] Radiosité et environnements non diffus.
- [Packer87] Présentation de la technique du *process-farming*.
- [Pulleyblank87] Proposition de création d'un boîtier VLSI pour la visualisation de bicubiques par lancer de rayons.
- [Wallace87] Lancer de rayons et radiosité, réalisés en deux passes.
- [Bouatouch89] Réalisation d'un boîtier VLSI pour la visualisation de bicubiques par lancer de rayons.
- [Horn89] Reconstruction de forme à partir de leur éclairage.
- [Lyche89] Méthodes mathématiques appliquées à la CAO.
- [Pollard89] Reconstruction géométrique à partir de plusieurs vues stéréoscopiques.
- [Sillion89b] Radiosité, et réflexions spéculaires et diffuses.
- [Tellier89] Un modèle d'éclairage réaliste.
- [Wallace89] Calcul progressif de radiosité par lancer de rayons.
- [Farin90] Courbes et surfaces appliquées à la CAO.
- [LeSaec90] Calcul progressif de radiosité, par lancer de rayons et fonctions de réflectance.
- [Liu90] Reconnaissance de formes à partir de plusieurs vues stéréoscopiques.
- [Neumann90] Calcul de radiosité et modèles de réflectance.
- [Roelens90] Simulation empirique puis théorique de sources volumiques.
- [Rushmeier90] Radiosité et matériaux réfléchissants et translucides.
- [Grosvalet91] Montée en puissance des processeurs à architecture RISC de la société INMOS pour les années à venir.