

IRIT

118 route de Narbonne
31062 Toulouse



Stage ouvrier en entreprise
1^{er} cycle, 2^{ème} année.



Stage ouvrier à l'IRIT

Nicolas Bonneel

Vendredi 27 Décembre 2002

IRIT

118 route de Narbonne
31062 Toulouse



Stage ouvrier en entreprise
1^{er} cycle, 2^{ème} année.



Stage ouvrier à l'IRIT

Nicolas Bonneel

Vendredi 27 Décembre 2002

Remerciements

Je remercie particulièrement Monsieur Mathias Paulin, maître de conférences et responsable de l'unité de rendu et visualisation à l'IRIT, pour les heures qu'il a consacrées à m'expliquer la programmation 3D, et pour m'avoir accueilli au sein de son équipe lors de ce stage.

Je remercie également Monsieur Fabien Lavignotte, étudiant en thèse, pour son aide à la réalisation de mon projet.

Sommaire

Introduction	1
1 – Présentation du stage	1
2 – Motivations	1
I – Présentation générale de l'IRIT	2
1 – Son histoire	2
2 – Les moyens	3
II – Présentation de l'équipe « Synthèse d'Image et Réalité Virtuelle » (SIRV)	4
1 – La recherche en synthèse d'image	5
a) Modélisation	5
b) Visualisation et rendu	5
- Simulation de l'éclairage et environnement dynamique	5
- La visualisation volumique et surfacique pour l'imagerie médicale	5
- Modélisation et simulation des phénomènes naturels	6
- Modélisation et simulation des matériaux	6
2 – Les moyens	7
III – Description et analyse de mon activité	8
1 – Description	8
2 – Travail effectuée	9
3 – Déroulement	11
Conclusion	12

Bibliographie

Glossaire

Table des annexes

Introduction

1- Présentation du stage

Le stage que j'ai effectué au sein de l'équipe de synthèse d'image à l'IRIT s'est déroulé du 1^{er} au 30 Juillet 2002, avait pour but de me permettre d'acquérir de nouvelles connaissances en programmation (C++) tout en permettant de développer un utilitaire simple de conversion de fichiers 3D pour l'entreprise.

Mes horaires étaient libres, mais en pratique, je travaillais entre 7h et 9h par jour.

2- Motivations

Grâce à quelques contacts par mail avec Monsieur Paulin, j'ai pu intégrer cet institut de recherche qui me plaisait de par son activité : la recherche dans l'imagerie 3D, sujet qui me passionne depuis de nombreuses années. En effet, je m'essayais déjà dans la programmation de logiciels de rendu auparavant. Cela m'aurait donc permis de découvrir de nouveaux procédés, et d'approfondir mes connaissances dans ce domaine... ce qui a été le cas.

Par ailleurs, je pouvais m'attendre à une bonne ambiance de travail : une ambiance étudiante (de nombreux étudiants en thèse) associée à une ambiance professionnelle (chercheurs) ; ce dont je fus très satisfait !

C'est ainsi que j'ai pu observer le fonctionnement de cette structure et m'informer sur l'un des thèmes étudiés à l'IRIT dans l'équipe synthèse d'images et réalité virtuelle (SIRV): le rendu réaliste. Par la même occasion, j'ai pu exécuter un projet souhaité par ce centre de recherche.

I - Présentation générale de l'IRIT

1- Son histoire

L'IRIT, Institut de Recherche en Informatique de Toulouse, est une Unité Mixte de Recherche, UMR 5505, commune au Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), à l'Institut National Polytechnique de Toulouse (INPT) et à l'Université Paul Sabatier (UPS).

L'IRIT, créé il y a douze ans, représente l'un des plus forts potentiels de recherche en informatique en France, fédérant plus de 150 chercheurs et enseignants chercheurs

Une première structuration de l'IRIT en 3 départements a été mise en place il y a 7 ans : un département de recherches « traditionnelles » en informatique, un département autour de l'informatique des données structurées et de la relation avec l'utilisateur : bases de données, traitement d'images, du son, de la parole et du texte, et un département touchant à l'intelligence artificielle.

Or depuis 3 ans on a constaté l'émergence de points de rencontre entre ces différents départements. Depuis, la recherche a été structurée en sept thèmes :

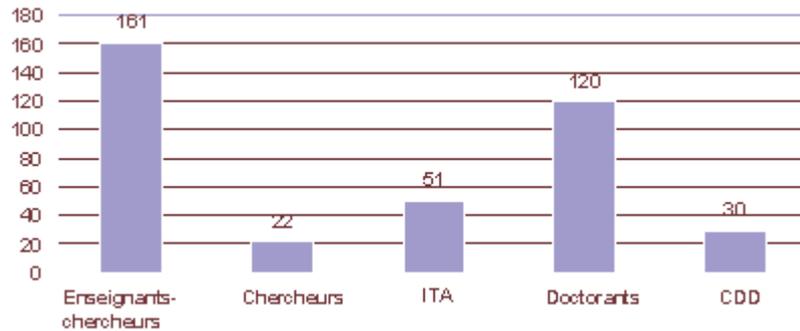
- *Analyse et synthèse de l'information*
- *Indexation, stockage et recherche d'informations*
- *Interaction, autonomie, dialogue et coopération*
- *Raisonnement et décision*
- *Modélisation, algorithmes et calcul haute performance*
- *Architecture, systèmes et réseaux*
- *Sûreté du logiciel*

Son directeur scientifique actuel est Luis Fariñas del Cerro.

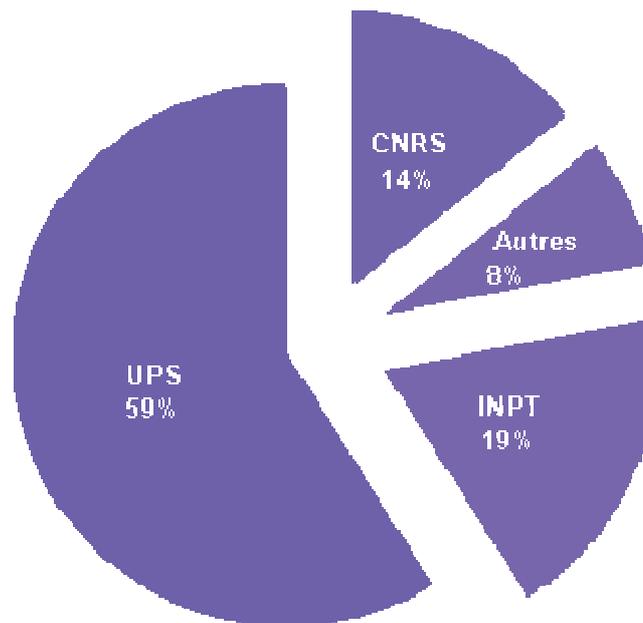
L'IRIT s'agrandit encore avec la construction d'un second bâtiment dont les travaux ont commencé le 4 décembre 2002

2 – Les moyens

Les effectifs de l'IRIT se répartissent en enseignants-chercheurs, chercheurs, ITA (ingénieurs techniciens et administratifs), Doctorants et CDD selon la configuration suivante :

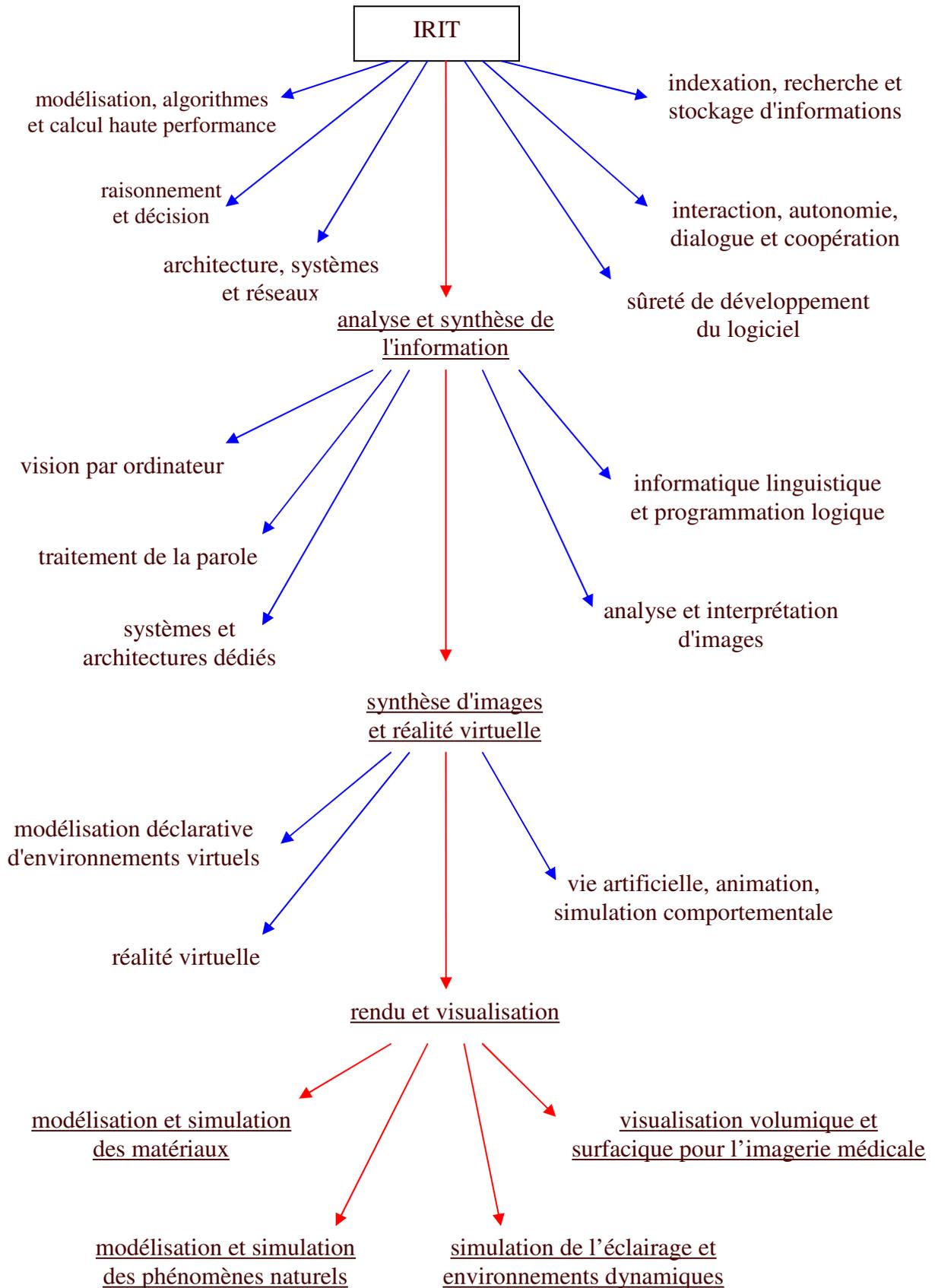


et proviennent d'organismes de recherches comme l'Université Paul Sabatier (UPS), l'Institut National Polytechnique de Toulouse (INPT) ou du Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), selon les proportions :



L'IRIT regroupe 384 micro-ordinateurs que se partagent les 384 membres de l'IRIT.

II - Présentation de l'équipe « Synthèse d'Image et Réalité Virtuelle » (SIRV)



1- La recherche en synthèse d'image

La problématique de recherche de l'Equipe Synthèse d'images et Réalité virtuelle de l'IRIT se divise en quatre thèmes : Modélisation de formes et de scènes, Rendu et Visualisation, Animation et vie artificielle, Réalité virtuelle. L'objectif commun est d'offrir des modèles et des algorithmes efficaces pour la synthèse d'images et la réalité virtuelle.

a) **Modélisation**

Pour la modélisation de formes, l'IRIT s'attache à définir des moyens de description abstraite des formes et des scènes (description sous forme de propriétés de placement, de volume...) permettant à l'utilisateur de concevoir facilement et rapidement son monde virtuel.

b) **Visualisation et Rendu**

Les travaux en Visualisation et Rendu (algorithmes de calcul d'images) ont pour objectifs de définir des algorithmes efficaces pour la simulation de l'éclairage dans une scène virtuelle mais aussi d'offrir la possibilité à un utilisateur de naviguer en temps réel dans une scène correctement éclairée. Pour cela, l'IRIT travaille sur la simulation physique des transferts radiatifs, permettant de calculer tous les transferts lumineux dans une scène, la simulation de la réflectance, permettant de définir le comportement d'une surface vis-à-vis d'une source lumineuse et les algorithmes de visualisation efficaces de scènes complexes.

Les activités de recherche s'orientent vers les domaines suivants :

- Simulation de l'éclairage et environnements dynamiques

Les méthodes de rendu réaliste les plus répandues sont le calcul par raytracing, radiativité et par le lancer de photons (Cf. annexe 1).

Il s'agit pour l'équipe de synthèse d'image d'améliorer ces rendus grâce à l'amélioration de l'éclairage de la scène ainsi que d'optimiser les calculs pour effectuer les rendus plus rapidement.



- La visualisation volumique et surfacique pour l'imagerie médicale

Cette recherche s'appuie sur le fait que de nombreuses applications liées à l'imagerie médicale ne permettent pas la visualisation en temps réel des données volumétriques (calculs nécessitent parfois quelques dizaines de secondes). Il faut alors trouver des techniques permettant la reconstruction et le rendu rapide du nuage de points acquis sur l'ordinateur.



- Modélisation et simulation des phénomènes naturels

Il s'agit de trouver des algorithmes permettant de représenter tout phénomène turbulent : combustion, fumées, rivières etc..., de simuler la multi-diffusion dans des milieux participants (voir image) et évaluer l'impact de tels phénomènes naturels sur l'environnement.



- Modélisation et simulation des matériaux

Ces recherches visent à décrire qualitativement et quantitativement le comportement d'un matériau vis-à-vis de la lumière pour pouvoir calculer une image de synthèse réaliste.



2- Les moyens

- *permanents* : René Caubet (responsable) - Yves Duthen - Véronique Gaildrat - Jean-Pierre Jessel - Hervé Luga - Mathias Paulin - Roger Pujado - Cédric Sanza - Patrice Torguet
- *étudiants en thèse* : Alexe Anca - Boudet Antoine - Claustres Luc - Guennebaud Gaël - Heguy Olivier - Laborie François - Lavignotte Fabien - Leroux Olivier - Menou Eric - Perdigaud Eric - Perez Patrice - Rodriguez Nancy - Sanchez Stéphane -
- *étudiants en DEA* : Amand G. - Berkani - Casimir F. - Hau Tran Trung - Hornero E. - Houcke A. - Larive M. - Lautie A. - Michalec S. - Panzoli D. - Pulido L. - Raoul F. - Soto F.

soient 35 étudiants et chercheurs.

La communication interne se fait essentiellement par voie orale et par mail (permettant le publipostage), tous les ordinateurs étant reliés en réseau. De plus, des conférences ont lieu au sein de l'IRIT.

Les travaux de recherches conduisent à des publications : articles de revues, thèses et conférences.

III – Description et analyse de mon activité

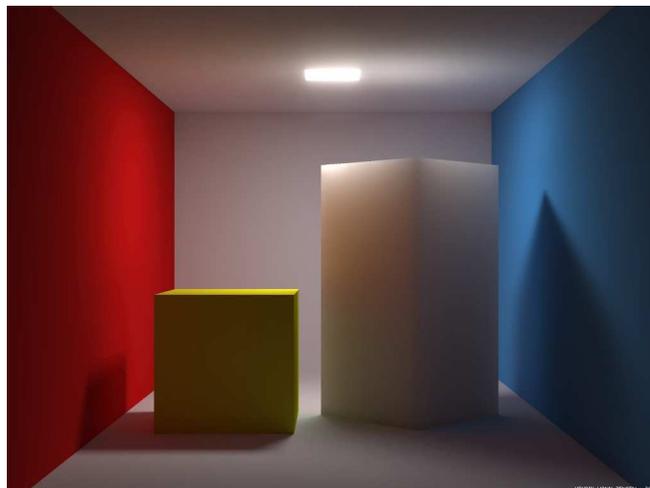
1- Description

Le but du stage était de concevoir, à la demande de l'IRIT, un logiciel permettant de convertir des fichiers représentant des scènes ou des objets en trois dimensions vers différents formats de fichiers, en ne prenant en compte que leur géométrie, leur matériau et les différentes caméras de la scène.

Il devait gérer l'importation de fichiers VRML (scènes de réalité virtuelle), MGF (format décrivant l'aspect physique des matériaux), LBF (format interne à l'IRIT) et 3DS (fichiers créés par 3DStudio, un logiciel très répandu) ; et l'exportation vers des fichiers VRML, LBF et 3DS. De plus, ce logiciel devait être capable d'offrir une prévisualisation rapide en 3D de la scène, et une possibilité de déplacement de la caméra dans la scène.

Ce programme devait être conçu en C++ , avec KDevelop, un logiciel de programmation sous Linux (RedHat), l'affichage étant géré par OpenGL, librairie permettant l'affichage rapide de polygones en 3D. La structure des différents formats de fichiers est lue et « déchiffrée » par différentes bibliothèques fournies, à télécharger ou à créer. La gestion des fichiers VRML a déjà fait l'objet d'une bibliothèque complète élaborée par l'IRIT, les bibliothèques pour les formats 3DS et MGF sont facilement téléchargeables, et la gestion du format LBF est facile à créer.

Ainsi, ce logiciel peut être utilisé par l'IRIT pour utiliser des scènes variées, téléchargées ou créées, pour effectuer des rendus réalistes, la scène la plus couramment utilisée étant la « Cornell Box », une scène rudimentaire où se situent deux boîtes et une source lumineuse dans une pièce.



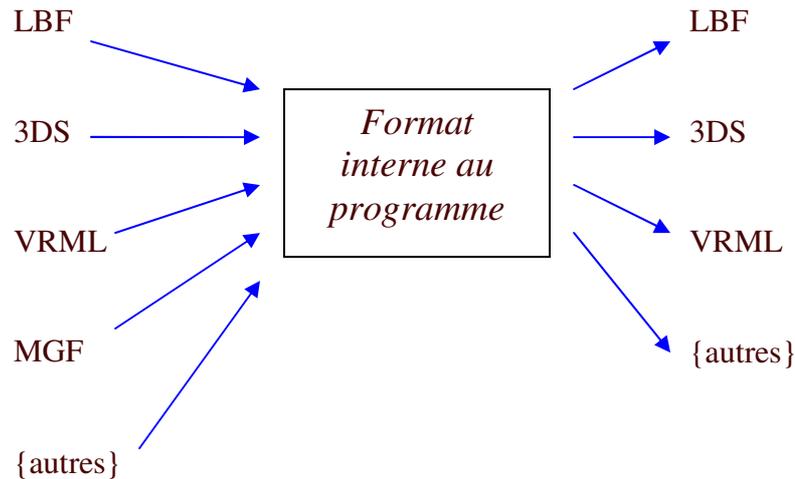
« Cornell Box »

Cette activité se situait donc en parallèle avec les autres activités de l'équipe de synthèse d'image, car ce logiciel est utilisable aussi bien pour la recherche en simulation de l'éclairage, de matériaux..., car il ne fournit que la description géométrique des scènes et les matériaux.

2- Travail effectué

Le travail était donc de gérer le chargement des fichiers grâce aux bibliothèques (fournies ou à écrire), de convertir ces données variées vers un format interne au logiciel, possédant une structure connue, puis d'afficher et de reconvertir ces données lors de l'exportation vers le format choisi, et d'écrire le fichier.

Cette manière de procéder permettra de gérer ultérieurement d'autres formats de fichiers aisément.



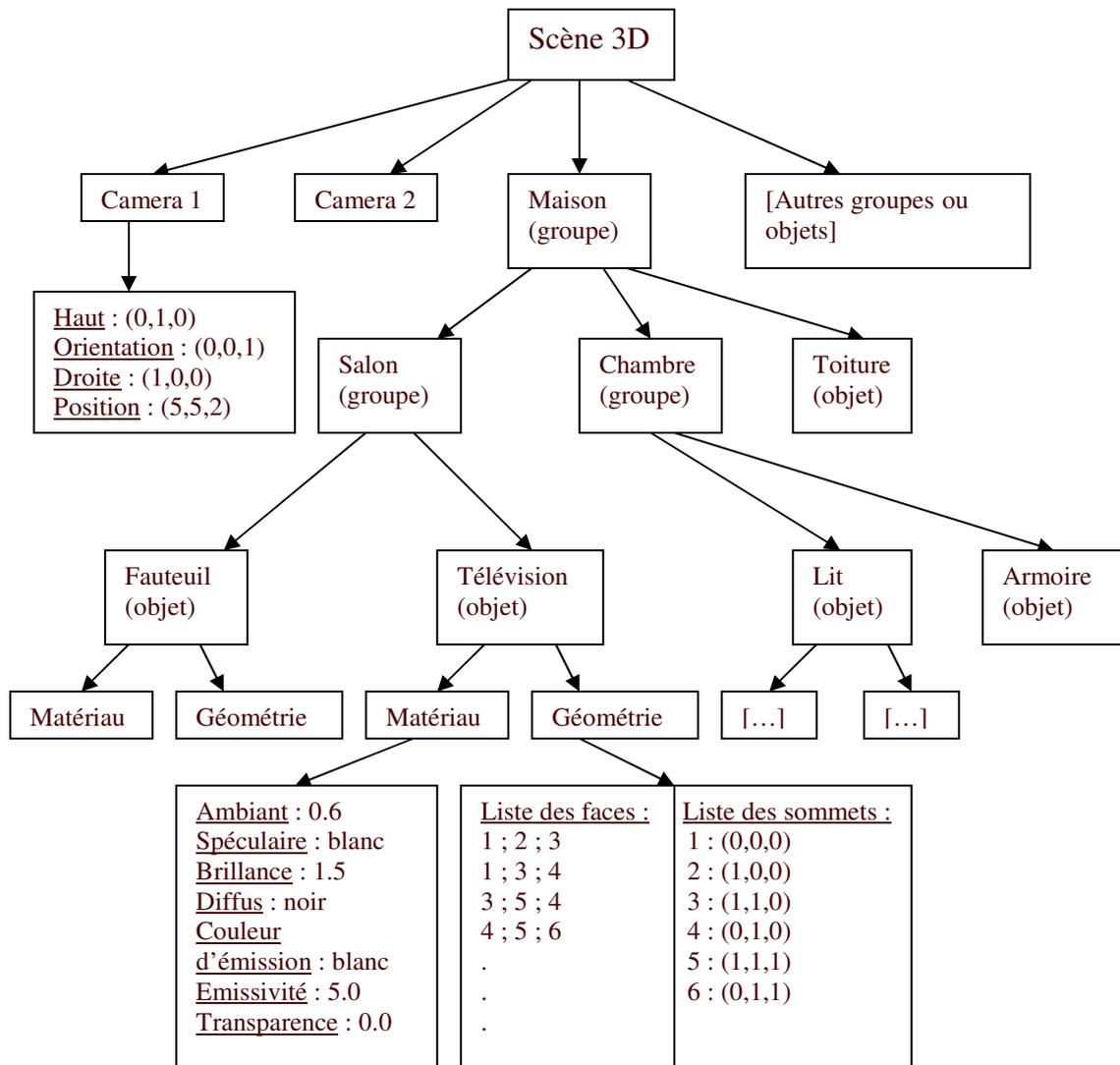
Le format interne est décrit ainsi :

La géométrie des scènes est enregistrée comme étant une liste d'objets ou de groupes d'objets, chaque objet étant une liste de triangles en 3D donnés par trois indices vers des coordonnées de points.

Les matériaux, assignés à chaque objet, décrivent l'aspect spéculaire, diffus, ambiant, émissif... de l'objet, c'est-à-dire, son comportement vis-à-vis de la lumière.

Les points de vues peuvent être multiples, et correspondent chacun à une « caméra » virtuelle dans la scène.

Les « objets » (géométrie + matériaux) peuvent être regroupés ensemble en « groupes ». Ainsi, la scène peut être schématisée en un arbre contenant des objets et des groupes d'objets.



De plus, cet arbre (graphe de scène) devait être affiché à l'écran pour pouvoir avoir un aperçu de la hiérarchie de la scène

Monsieur Paulin, enseignant chercheur, et Monsieur Lavignotte, étudiant en thèse, m'aidaient à la conception de ce programme. Les difficultés rencontrées étaient relatives à la technique : je ne connaissais ni le C++, ni OpenGL, et que très peu l'environnement de travail Linux. Des livres m'étaient mis à disposition, et les étudiants présents m'aidaient à la compréhension générale de ces sujets. De plus, un accès permanent à Internet était disponible sur chaque ordinateur, ce qui me permettait d'accéder à des aides en lignes.

Par ailleurs, l'ambiance de travail était agréable grâce à un entourage permanent d'étudiants et d'un personnel jeune, d'une convivialité lors des repas au restaurant universitaire de l'université Paul Sabatier ; il y avait également une certaine liberté quant aux horaires de travail ; une motivation manifestée par ma présence à l'audition d'une conférence sur les techniques d'éclairage réalistes pour un simulateur de conduite automobile. En effet, le sujet traité me passionnait énormément.

Les deux premières semaines m'ont permis de découvrir l'environnement de travail : le système d'exploitation, le logiciel de développement, OpenGL, ainsi que les méthodes de travail pour réaliser le projet. Elles m'ont aussi permis d'implémenter l'affichage des scènes en 3D telles qu'elles sont décrites par le format interne du programme, et de son graphe. J'ai aussi implémenté pendant ces deux premières semaines l'importation des fichiers VRML grâce à la VML, librairie issue de recherches à l'IRIT. J'ai aussi pu commencer la gestion de l'importation des fichiers 3DS.

La troisième semaine, j'ai pu gérer l'importation et l'exportation des fichiers 3DS, et l'exportation des fichiers VRML sans librairie (simple écriture d'un fichier texte), puis lors de la quatrième semaine, celles des fichiers MGF, des fichiers LBF ainsi que les déplacements de la caméra.

Ce programme a été réalisé dans les temps, et pourra facilement être modifié ou amélioré.

Conclusion

Cette expérience, bien que trop courte, m'a été enrichissante tant au niveau des connaissances acquises lors de ce stage sur la programmation 3D et les méthodes actuelles de rendu et de simulation, qu'au niveau de l'image du travail en entreprise qu'elle m'a donnée.

En effet, l'ambiance agréable de travail est « rassurante » : le travail dans une unité de recherche peut être agréable, ce qu'il fallait vivre pour s'en rendre compte. Elle m'a appris les méthodes utilisées dans les « entreprises » de recherche. J'y ai aussi approfondi et découvert la programmation orienté objet : les concepts de classe, d'héritage ; les parcours d'arbres grâce à la récursivité, OpenGL, le C++ ...

De plus, l'activité même de cet institut permet de voir l'aboutissement de nombreuses années d'études, la plupart du personnel étant enseignant, chercheur, ou encore étudiant, ce qui me permet de découvrir les débouchées que peut avoir l'INSA. De même, des discussions avec le responsable du stage, Monsieur Paulin, m'ont aidé à m'orienter quant à la filière d'étude à entreprendre pour me permettre de faire cette activité.

Bibliographie

Claustres, L., Paulin, M. (2002). *Documentation de la VML*. Dossier interne à l'IRIT.

Woo, M., Neider, J., Davis, T., Shreiner, D. (1999). *OpenGL Programming Guide: The Official Guide to Learning OpenGL, Version 1.2 (3rd Edition)*. OpenGL Architecture Review Board.

Stroustrup, B. (2000). *The C++ Programming Language*. Addison-Wesley

Glossaire

3DS : format des fichiers générés par 3D Studio, un des logiciels de modélisation et de rendu les plus répandus.

Ambiant : comportement de la surface vis-à-vis de la lumière ambiante d'une scène.

Cornell Box : scène simple permettant de comparer les méthodes de rendus.

Diffus : couleur de l'objet dans les zones éclairées de celui-ci.

Emissif : propriété des surfaces pouvant émettre de la lumière.

Lancer de photons : méthode pouvant être effectuée avant le raytracing pour estimer la luminosité en de nombreux points de la scène. (Cf. annexe 1)

LBF : format de fichier décrivant des modèles 3D interne à l'IRIT.

MGF : « Material and Geometry format » format de fichier décrivant des modèles 3D et incluant des spécifications physiques poussées concernant les matériaux utilisés.

OpenGL : librairie présente sur la majorité des ordinateurs actuels permettant l'affichage accéléré par les cartes graphiques de polygones éclairés et texturés.

Radiosité : méthode de rendu réaliste basé sur les transferts d'énergie entre les surfaces de la scène. (Cf. annexe 1)

Raytracing : (ou lancer de rayons) méthode de rendu d'images réaliste. (Cf. annexe 1)

Spéculaire : aspect « brillant » d'une surface.

VRML : « virtual reality modeling language » format de fichier décrivant des scènes tridimensionnelles, couramment utilisées sur internet pour la visualisation et la navigation dans des mondes virtuels.

Table des annexes :

Annexe 1Méthodes usuelles de rendu

Annexe 1 : Méthodes usuelles de rendu

- le Raytracing

Il consiste à envoyer des rayons pour chaque pixel de l'image à travers la scène et à calculer la première intersection du rayon (demi-droite) avec la scène (généralement des polygones, mais aussi des sphères, pavés, cônes...). A la première intersection, on calcule sa luminosité (formule de Lambert par exemple), et, multipliée à la couleur de l'objet, elle devient la couleur du pixel considéré.

Son inconvénient majeur est qu'il ne permet pas les ombres douces car il ne prend en compte qu'une direction privilégiée par source de lumière lors du calcul de l'ombrage en un point ; la direction du point vers chaque source. C'est un modèle physiquement peu réaliste.

Son grand avantage comparé aux autres méthodes de rendu réalistes est sa simplicité à mettre en œuvre.



- La radiosité

Elle prend en compte les échanges d'énergie entre les différentes surfaces de la scène. Son principal inconvénient est qu'il ne gère que les surfaces diffuses (la lumière est renvoyée uniformément dans toutes les directions : on ne peut donc pas créer d'effet métallique par exemple), et le milieu doit être fermé (pas d'échange d'énergie avec l'extérieur). De plus, le calcul de l'éclairage est uniforme sur chaque surface de la scène : on doit donc subdiviser chaque surface en de multiples facettes pour obtenir un éclairage plus « lisse ».

En revanche, le résultat est physiquement réaliste, et prend en compte les ombres douces. De plus, le calcul de l'éclairage est indépendant du point de vue, ce qui permet un calcul rapide de la scène lorsque la camera uniquement est en mouvement.



- Le lancer de photons

Il correspond le plus à l'application de l'aspect corpusculaire de la lumière, puisqu'on évalue le comportement de milliers de photons émis par les sources lumineuses, ce qui permet de calculer l'intensité lumineuse de points de la scène.

Il s'agit d'une étape qui peut précéder le raytracing afin d'obtenir un éclairage plus réaliste que celui donné par le modèle de Lambert.

Le problème est qu'il peut apparaître un certain « bruit » sur les images lorsqu'un nombre insuffisant de photons a été lancé.

Son atout majeur est qu'il permet de prendre en compte les caustiques (voir image), les milieux participants (nuages, fumées...) et beaucoup d'autres phénomènes.

