

# Rapport du projet de Technologies Objets

Maxime Arthaud

Korantin Auguste

Martin Carton

11 juin 2013

## Table des matières

<b>1</b>	<b>Introduction</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Architecture</b>	<b>2</b>
2.1	Écriture d'images PPM . . . . .	2
2.2	Format de fichier . . . . .	2
2.3	Interface graphique . . . . .	4
2.4	Raytracer . . . . .	4
2.4.1	Changements de conception . . . . .	8
2.4.2	Fonctionnement . . . . .	8
2.4.3	Problèmes . . . . .	8
2.4.4	Améliorations . . . . .	11
<b>3</b>	<b>Améliorations supplémentaires</b>	<b>11</b>

## Table des figures

1	Exemple de rendu simple . . . . .	3
2	Interface graphique . . . . .	5
3	Diagramme UML de la GUI . . . . .	6
4	Diagramme UML . . . . .	7
5	Exemple de rendu complexe . . . . .	9
6	Exemple de rendu complexe, autre point de vue . . . . .	10

# 1 Introduction

Ce projet consiste en la création d'une interface utilisateur permettant de gérer une scène 3D et à la réalisation d'un moteur de rendu par lancer de rayons. Comme expliqué dans le rapport d'analyse, nous avons décidé de nous découper le travail, de façon à ce qu'une personne fasse l'interface graphique, une autre le parseur de fichier et l'écriture d'images au format PPM, et une autre travaille particulièrement sur le cœur du raytracer.

## 2 Architecture

Le projet est donc constitué de deux programmes distincts :

**L'interface graphique** Qui devra permettre de créer simplement des fichiers représentant des scènes, à passer à notre raytracer.

**Le raytracer** Qui, à partir d'un fichier représentant une scène, devra générer un rendu, dans le format d'image de notre choix.

### 2.1 Écriture d'images PPM

Pour écrire les images PPM, nous avons écrit un plugin Java qui permet d'enregistrer ce format auprès de `javax.image.ImageIO` qui propose une interface commune pour enregistrer des images dans différents formats. Ainsi notre programme peut générer des images au format PPM, mais aussi par exemple en PNG.

Le choix de ce format est déterminé par le troisième paramètre d'appel du programme (la valeur par défaut est png, ce format étant plus commun). Ce plugin consiste en deux classes `imageio.PPMImageWriterSpi` et `imageio.PPMImageWriterSpi`. La première permet d'indiquer à Java les capacités de notre plugin. La deuxième permet d'écrire une image sur un flux de sortie quelconque.

### 2.2 Format de fichier

Nous avons décidé de mettre à disposition un format de fichier dans lequel on peut décrire une scène afin de pouvoir enregistrer celles-ci, ou de la générer automatiquement (ce qui nous a même permis de faire quelques vidéos). Le format de fichier ressemble à ceci :

Listing 1 – Exemple de fichier associé à la figure 1

```
//exemple de scene :
Camera(eye=(0, 0, 0), origin=(-0.5, 0, 1.5), abscissa=(1, 0, 0), \
ordinate=(0, 1, 0), widthPixel=200, heightPixel=200)
AmbientLights(0.2, 0.2, 0.2)
Light(pos=(5, 0, 0), intensity=(0.5, 0.5, 0.5))
Sphere(center=(0, 5, 20), radius=3.14, k_diffuse=(0.6,0.3,0.6))
Plane(p1=(-1,0,30), p2=(1, 0, 30), p3=(0, 1, 30))
```

Il y a un élément par ligne et seule la ligne décrivant au moins une caméra est obligatoire. La casse et l'espacement sont ignorés. La plupart des propriétés ont une valeur par défaut afin d'éviter de surcharger le fichier et de permettre de l'écrire à la main. Des commentaires de fin de ligne commençant par « // » peuvent être insérés. Les éléments suivants peuvent être ajoutés :

**Camera** décrit une caméra de la scène : elle doit posséder les propriétés suivantes :

**eye** un point décrivant la position de l'œil ;

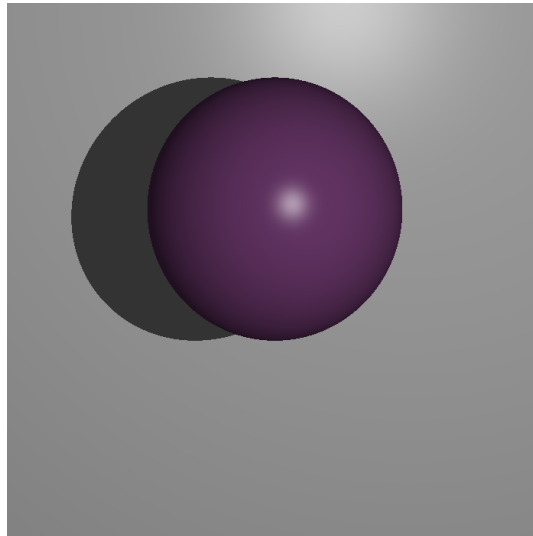


FIGURE 1 – Exemple de rendu simple

**origin** un point décrivant l'origine du rectangle de l'écran ;

**abscissa et ordinate** les vecteurs qui avec *origin* définissent l'écran ;

**widthPixel et heightPixel** deux entiers donnant la taille de l'image à générer.

**AmbientLights** donne les trois composantes primaire de la lumière ambiante.

**Light** décrit une source de lumière, elle doit avoir les propriétés suivantes :

**pos** la position de cette source ;

**intensity** l'intensité lumineuse de chaque couleur primaire.

**Sphere** décrit une sphère, doit avoir les propriétés suivantes :

**center** un point représentant le centre de la sphère ;

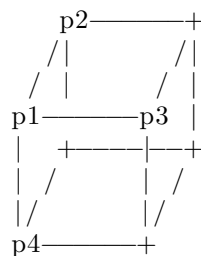
**radius** un flottant représentant le rayon de la sphère.

**Plane** décrit un plan, doit avoir trois points nommés *P1*, *P2* et *P3*.

**Triangle** décrit un triangle, doit avoir trois points nommés *P1*, *P2* et *P3*.

**Parallelogram** décrit un parallélogramme, doit avoir trois points nommés *P1*, *P2* et *P3*.

**Cube** décrit un cube<sup>1</sup>, doit avoir quatre points nommés *P1*, *P2*, *P3* et *P4* répartis comme ceci :



1. En fait les points ne sont pas testés pour former un cube, cet objet peut représenter n'importe quel parallélépipède.

Les objets *Sphere*, *Plane*, *Triangle*, *Parallelogram* et *Cube* peuvent en plus avoir les propriétés optionnelles suivantes :

**brightness** flottant, par défaut à 30. Plus ce nombre est grand, plus la tâche provoquée par la composante spéculaire sera localisée.

**k\_specular** flottant, par défaut à 1. Coefficient par lequel on multiplie la composante spéculaire.

**k\_diffuse** triplet, par défaut à (1, 1, 1). Coefficients par lesquels on multiplie les composantes diffuse pour chaque couleur. Donne donc la couleur de l'objet.

**k\_reflection** flottant, par défaut à 0. Coefficient par lequel on multiplie la composante réfléchie.

**k\_refraction** triplet, par défaut à (0, 0, 0). Coefficients par lesquels on multiplie les composantes réfractées pour chaque couleur.

**refractive\_index** flottant, par défaut à 1 (la lumière réfractée ne sera alors pas déviée). Indice du milieu intérieur à l'objet.

Un objet de type `Scene` est construit à partir d'un tel fichier à l'aide la méthode statique `raytracer.FileReader.read`.

## 2.3 Interface graphique

Notre interface graphique permet de manipuler simplement un fichier de scène, et peut aussi appeler simplement le moteur de raytracing pour faire un rendu. Une classe principale, `Gui`, gère la fenêtre ainsi que l'emplacement des éléments. Elle est composée d'une partie supérieur contenant des onglets, une petite ligne contenant les boutons et enfin la zone de texte qui permet d'éditer la scène. Un onglet est représenté par une classe, qui hérite de `Tab`, et permet d'ajouter un objet à la scène. Chaque onglet a une liste de champs, qui servent à paramétrer l'objet placé dans la scène (comme sa position ou sa brillance). Ces champs sont contenus dans une liste de type `List<TabField>`, qui est géré par la classe `Tab`. Ainsi, pour ajouter un onglets, il suffit de créer une classe qui hérite de `Tab`, et qui ajoute des instances de `IntegerTabField`, `DoubleTabField` ou `Point3dTabField`. Les boutons au centre permettent d'enregistrer, de voir l'image actuelle ou d'ajouter un objet.

Le bouton « Voir l'image » fait appel à la classe `GenerateImageAction`, qui importe le moteur de raytracing, et crée les images dans un autre thread, pour que l'interface ne soit pas bloquée. Elles sont alors affichées avec des `JFrames`, dans un `JLabel`.

Une classe principale, `Gui`, gère la fenêtre ainsi que l'emplacement des éléments. Elle est composée d'une partie supérieur contenant des onglets, une petite ligne contenant les boutons et enfin la zone de texte qui permet d'éditer la scène. Un onglet est représenté par une classe, qui hérite de `Tab`, et permet d'ajouter un objet à la scène. Chaque onglet a une liste de champs, qui servent à paramétrer l'objet placé dans la scène (comme sa position ou sa brillance). Ces champs sont contenus dans une liste de type `List<TabField>`, qui est géré par la classe `Tab`. Ainsi, pour ajouter un onglets, il suffit de créer une classe qui hérite de `Tab`, et qui ajoute des instances de `IntegerTabField`, `DoubleTabField` ou `Point3dTabField`. Les boutons au centre permettent d'enregistrer, de voir l'image actuelle ou d'ajouter un objet.

Le bouton « Voir l'image » fait appel à la classe `GenerateImageAction`, qui importe le moteur de raytracing, et crée les images dans un autre thread, pour que l'interface ne soit pas bloquée. Elles sont alors affichées avec des `JFrames`, dans un `JLabel`.

## 2.4 Raytracer

Pour créer le raytracer, nous avons convenu d'architecturer notre programme selon le diagramme de classes suivant présenté en figure 4.

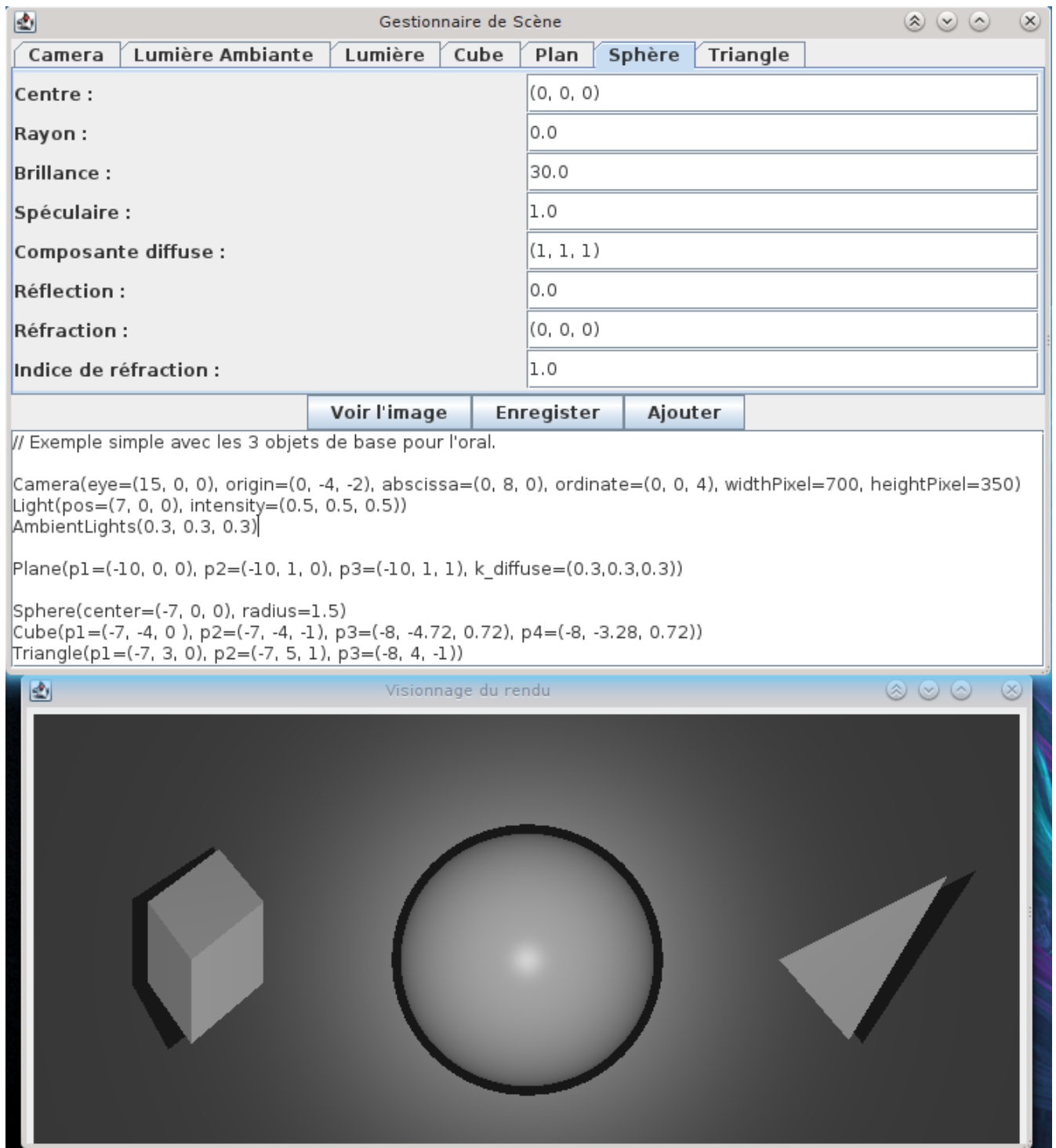


FIGURE 2 – Interface graphique

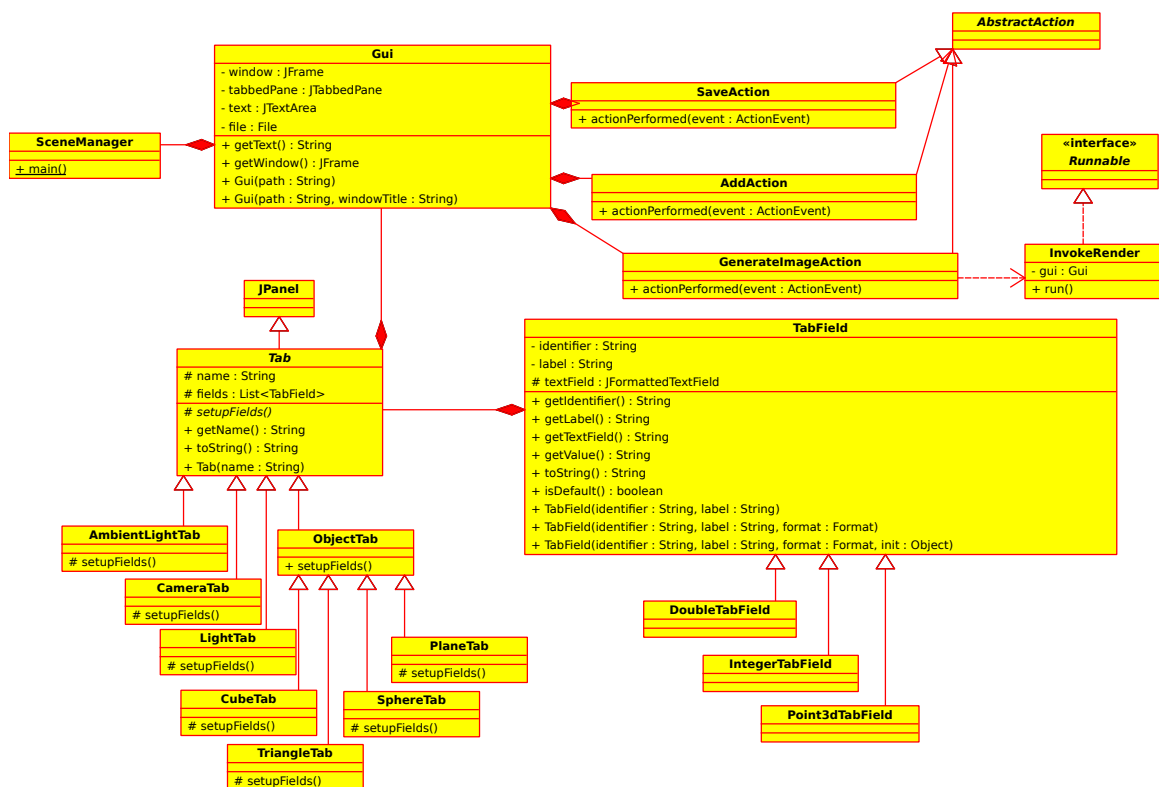


FIGURE 3 – Diagramme UML de la GUI

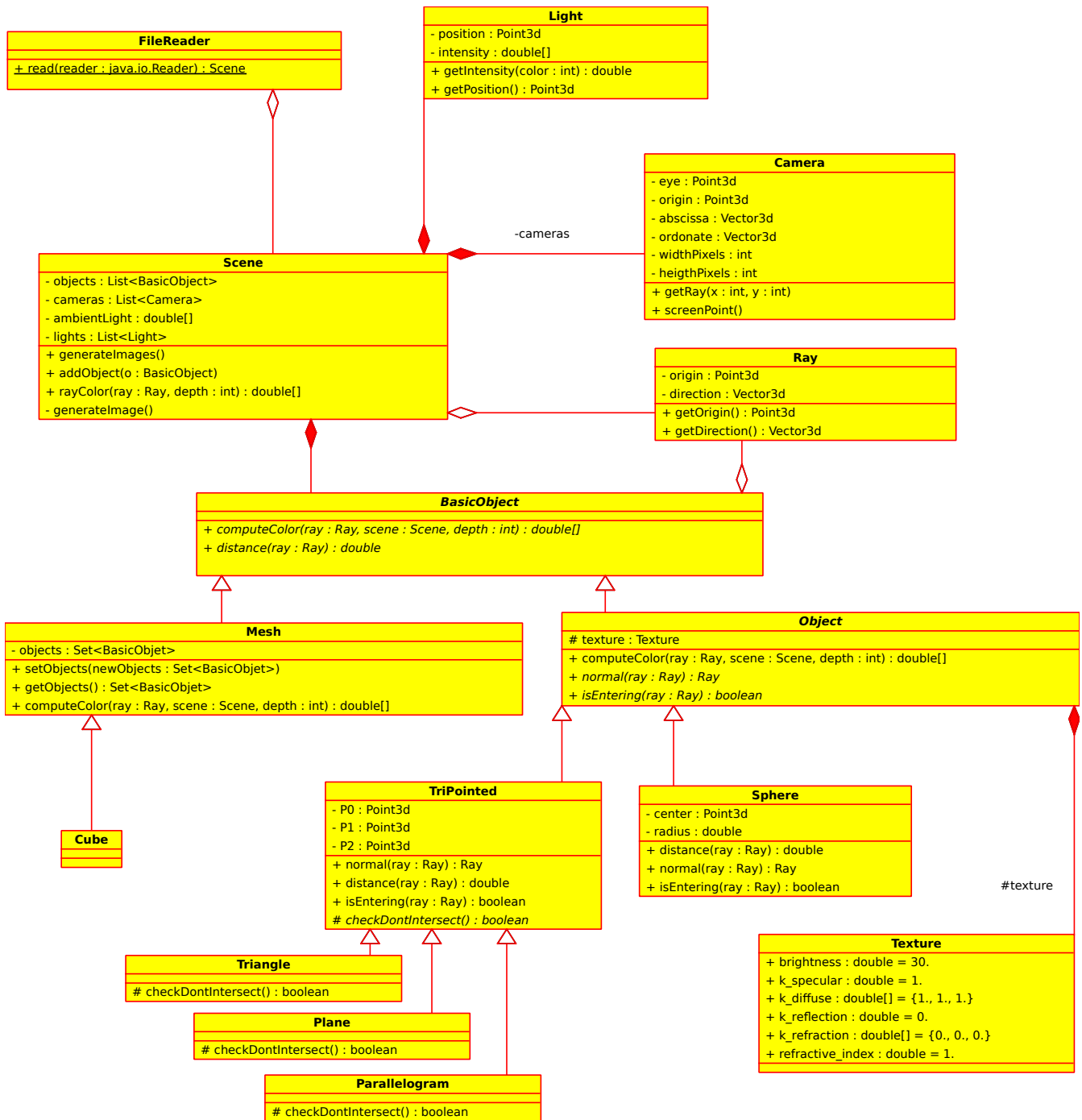


FIGURE 4 – Diagramme UML

### 2.4.1 Changements de conception

Par rapport à ce que nous avions prévu lors de notre rapport d'analyse, nous avons fait quelques modifications : nous avons rajouté une classe pour représenter une lumière, que nous avions oubliée, nous n'utilisons pas la classe `java.awt.color` car il s'est avéré plus pratique de manipuler des `double[]` et nous n'utilisons pas `javax.vectmath`, qui n'est pas installé à l'ENSEEIH, mais nos propres classes. Ensuite, une scène peut posséder plusieurs caméras, ce qui permet d'avoir plusieurs images de la même scène de plusieurs points de vues différents. Nous avons ajouté les méthodes dont nous avons eu besoin à la classe `Object`. Les classes `Triangle` et `Plane` héritent de `TriPointed` car ces objets ont beaucoup de points en commun : ils sont représentables par trois points et les formules qu'il y a derrière ces classes sont les mêmes ; nous en avons profité pour ajouter une classe `Parallelogram` pour les mêmes raisons.

La classe `Mesh` qui devait représenter un objet composé d'un ensemble de facettes triangulaires a été changée pour représenter un ensemble d'objets basiques, puisque nous n'utilisons rien de spécifique aux triangles la restriction n'était pas nécessaire, bien sûr un objet à facettes triangulaires peut être représenté par cette classe.

Enfin nous avons ajouté une classe `Texture` pour alléger notre conception.

### 2.4.2 Fonctionnement

L'objet `Scene` dispose d'une méthode pour calculer la couleur d'un rayon passé en paramètre. Pour le faire, il va regarder quel objet va intersecter avec le rayon en premier, et appeler la méthode `computeColor` de l'objet en question. Cette méthode, définie dans la classe `Object`, va faire tous les calculs nécessaires pour calculer les différentes composantes. Pour cela, elle peut même appeler à nouveau la méthode `rayColor` de la classe scène, sur les rayons réfléchis ou réfractés. Dans ces calculs, elle va appeler la méthode `normal`, qui va donner la normale au point d'intersection du rayon avec l'objet, méthode qui sera définie dans des sous-classes, en fonction de l'objet.

### 2.4.3 Problèmes

Un problème qui se pose est que, en lançant le rayon avec la méthode `rayColor` d'une scène, à partir d'un point d'intersection avec un objet, l'objet le plus proche qui va intersecter de nouveau sera l'objet lui même, à ce même point d'intersection et avec une distance de zéro. Pour cela, on aurait pu définir un  $\varepsilon$  et vérifier que la distance y soit supérieure, mais cela entraînerait des problèmes de pixels complètement différents des autres, et il aurait fallu trouver une valeur adéquate pour  $\varepsilon$ . Nous avons donc décidé de ne pas utiliser ce système, et tout simplement d'ignorer l'objet qui intersecte, lors du lancer de rayon. La méthode `rayColor` a donc un paramètre (pouvant être nul), qui indique si elle doit ignorer un objet. Ce système pose toutefois un problème : un rayon entrant dans une sphère coupera toutefois la sphère en un autre endroit. Ce cas est actuellement ignoré, et fait que notre réfraction dans une sphère est peu représentative de la réalité. Un autre problème assez important, mais lié à la façon dont le raytracer fonctionne, est qu'un objet transparent ou qui va seulement dévier légèrement la lumière, sera capable de masquer les sources lumineuses. Cela veut dire qu'il laissera une ombre, alors qu'il est pourtant transparent.

On peut évaluer la complexité de notre algorithme à du  $O(x \times y \times n \times m)$ , où :

- $x$  est la largeur de l'image,
- $y$  est la hauteur de l'image,
- $n$  est le nombre d'objets dans l'image,
- $m$  est le nombre de sources lumineuses.





FIGURE 5 – Exemple de rendu complexe

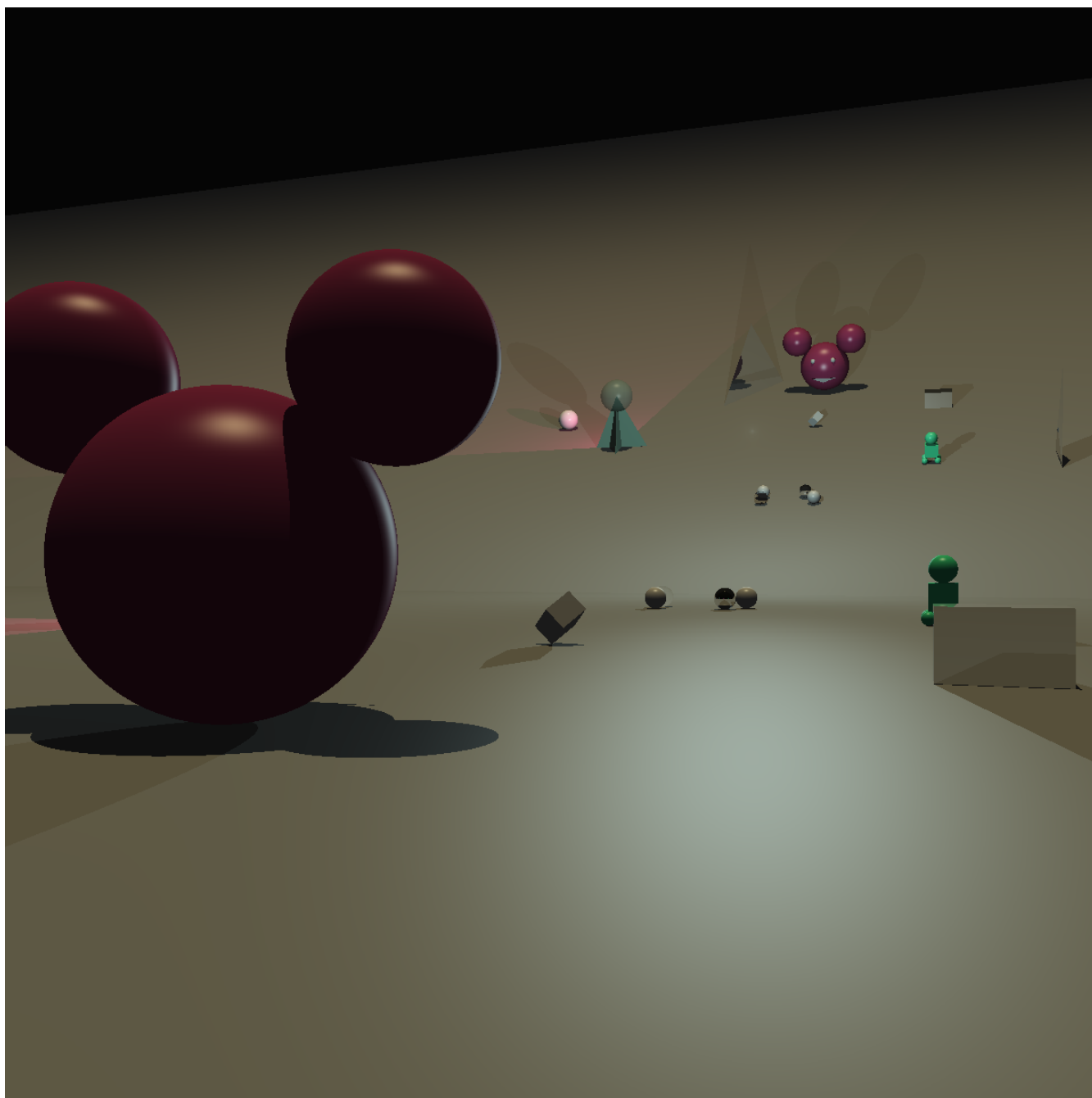


FIGURE 6 – Exemple de rendu complexe, autre point de vue

On voit donc que même si l'algorithme est rapide sur des scènes simples, plus la scène contiendra d'objets et de lumières, plus le temps de rendu sera élevé, même pour une scène simple, il n'est ainsi pas possible d'afficher le rendu en direct dans l'interface graphique.

#### 2.4.4 Améliorations

Concernant le temps de rendu sur de grosses scènes, plusieurs choses sont possibles :

- On pourrait paralléliser la génération des images sur tous les cœurs disponibles sur l'ordinateur. C'est typiquement quelque chose de trivial à paralléliser puisque chaque pixel est généré indépendamment des autres (il faudrait cependant modifier nos objets qui conservent des données calculées entre les différents appels de méthodes).
- Pour éviter de parcourir à chaque fois notre liste d'objets, on peut utiliser des techniques comme les partitions binaire de l'espace (BSP), ou les *octree*. Ces techniques permettent de découper l'espace en plusieurs parties, et donc de ne parcourir qu'un morceau de la liste des objets.
- On pourrait aussi profiler le code, et essayer de voir si certaines méthodes ne gagneraient pas à être optimisées.

### 3 Améliorations supplémentaires

Ayant fini le sujet à temps et désirant continuer à expérimenter avec notre raytracer, nous avons fait deux améliorations principales :

- Un petit script nous a permis de générer de modifier un fichier représentant une scène, en déplaçant très légèrement la caméra. On peut donc obtenir une suite d'images, qui, passées à la suite dans une vidéo, permettent de « filmer » la scène en se déplaçant dedans. Vous pouvez voir une vidéo ici : <http://repo.palkeo.com/tmp/rendu1.mp4>. La vidéo est composée de 1000 images, avec 10 minutes de rendu par images. Pour éviter d'y passer une semaine, le rendu a été parallélisé sur les 200 ordinateurs de l'N7, et s'est fait en moins de deux heures.
- Nous avons aussi créé un objet « ImageRect », qui est capable d'appliquer une image existante sur un rectangle à l'intérieur de la scène.