

Raytracing et Optimisation BVH

Le Prince Jules
Rennes, France
juleslprince@icloud.com

Résumé—L'imagerie de synthèse consiste à générer des images par ordinateurs. Dans cet article nous nous concentrons sur la réalisation d'images 3d photoréalistes par le biais du raytracing. Cette technique consiste à utiliser le principe de retour inverse de la lumière pour calculer efficacement les rebonds de rayons dans une scène. Il est alors nécessaire d'avoir une structure de donnée efficace permettant un calcul rapide d'intersections. La solution à ce problème est une structure de Hiérarchie de Volumes Englobants (ou BVH pour Bounding Volume Hierarchy) dont l'idée est de calculer les intersections avec des volumes englobants grossiers afin de réduire le nombre de faces de notre modèle 3d à tester.

Mots clés—Ray Tracing, Bounding Volume Hierarchy, Imagerie de synthèse

Les types utilisés seront explicitement décrits. Cependant ce ne sont pas exactement ceux utilisés lors de notre développement qui repose sur taichi, une librairie python permettant d'utiliser facilement les ressources GPU (nécessaire pour préserver un temps de calcul acceptable) au prix de structures très rigides qui ont obligées des adaptations techniques peu pertinentes à exhiber. Il a donc été choisi d'adopter dans cet article une structure compréhensible, restant tout de même le plus fidèle possible à notre projet.

I. ALGORITHMES D'INTERSECTIONS

Le raytracing est principalement centré sur des calculs d'intersections entre rayons et objets (sphère, triangles, quads ...). Il convient alors dans un premier temps de définir ces objets et de concevoir des algorithmes d'intersection efficaces.

A. Types préliminaires

On définit un vecteur de \mathbb{R}^3 par

```
type Vec3 = float*float*float
```

et une couleur codée en RGB par

```
type Color = float*float*float
```

B. Rayon

Un rayon est défini par le type suivant :

```
type Ray =  
  origin: Vec3,  
  direction: Vec3
```

c'est à dire une droite dans \mathbb{R}^3 :

$$r(t) = \text{origin} + t \cdot \text{direction} \quad (1)$$

C. Matériaux

Nos objets peuvent avoir différents matériaux donc on définit un type matériau au préalable :

```
type Material =  
  | Lambertian of Color  
  | Emitter of (Color, float)  
  | Metal of Color
```

D. Sphère

a) *Type*: Une sphère est définie par le type :

```
type Sphere =  
  center: Vec3,  
  radius: Vec3,
```

b) *Intersection avec un rayon*:

E. Triangle

a) *Type*: un triangle est défini par trois points de \mathbb{R}^3 :

```
type Triangle =  
  p1: Vec3,  
  p2: Vec3,  
  p3: Vec3
```

b) *Algorithme d'intersection*: On utilise ici l'algorithme décrit par Möller et Trumbore dans leur article [1] se basant sur un calcul de déterminant et ayant comme principaux avantages d'être rapide (grâce au pré-calcul d'opérations redondantes) et d'utiliser peu de mémoire.

F. Intersection

On définit alors un type objet :

```
type Object =  
  | Triangle of Material  
  | Sphere of Material
```

qu'on munit d'une fonction :

Algorithme I : Intersection rayon - objet

Entrée: ray un Ray et obj un Object

Sortie: inter le Vec3 point d'intersection entre l'objet et le rayon(vallant None si pas d'intersection) et rayon_reflechi le Ray réfléchi.

```
1 | inter ← applique l'algorithme d'intersection adapté en
  | fonction de si l'objet est une sphère ou un triangle.
2 | rayon_reflechi ← renvoie le rayon réfléchi en fonction
  | du materiau de l'objet
3 | return inter, rayon_reflechi
```

II. DESCRIPTION D'UNE SCÈNE ET CAMÉRA

A. Scène

```
type Scene =
  sphere_array: Sphere Array,
  triangle_array: Triangle Array
```

sphere_array et triangle_array étant un tableau respectivement des sphères et des triangles présents dans la scène.

```
type Camera =
  look_from: Vec3,
  lookat, Vec3,
  image_width: int,
  aspect_ratio: float,
```

look_from étant la position de la caméra, look_at la position dans laquelle la caméra regarde, image_width le nombre de pixel par rangés et aspect_ratio le ratio permettant de calculer alors image_height :

$$\frac{\text{image_width}}{\text{image_height}} = \text{aspect_ratio} \quad (2)$$

prenons alors l'exemple d'une scène décrite par :

```
tri1 = Triangle((1.,2.,3.), ) of Lambertian()
sph1 = Sphere((0., 0., 0.)) of Emmitter()
tri_arr = [t1]
sph_arr = [sph1]
cam = Camera()
sc = Scene(sph_arr, tri_arr)
on peut alors la schématiser par :
```

III. METHODS

```
type Ray =
  source: Vec3,
  direction: Vec3
```

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magnam aliquam quaerat voluptatem. Ut enim aequi doleamus animo, cum corpore dolemus, fieri tamen permagna accessio potest, si aliquod aeternum et infinitum impendere malum nobis opinemur. Quod idem.

$$a + b = \gamma \quad (3)$$

TABLE I: THE PLANETS OF THE SOLAR SYSTEM AND THEIR AVERAGE DISTANCE FROM THE SUN

Planet	Distance (million km)
Mercury	57.9
Venus	108.2
Earth	149.6
Mars	227.5
Jupiter	778.6
Saturn	1,433.5
Uranus	2,872.5
Neptune	4,495.1

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magnam aliquam quaerat voluptatem. Ut enim aequi doleamus animo, cum corpore dolemus, fieri tamen permagna accessio potest, si aliquod aeternum et infinitum impendere malum nobis opinemur. Quod idem licet transferre in voluptatem, ut postea variari voluptas distinguere possit, augeri amplificarique non possit. At etiam Athenis, ut e patre audiebam facete et urbane Stoicos irridente, statua est in quo a nobis philosophia defensa et.



Fig. 1: A circle representing the Sun.

In Fig. 1 you can see a common representation of the Sun, which is a star that is located at the center of the solar system.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magnam aliquam quaerat voluptatem. Ut enim aequi doleamus animo, cum corpore dolemus, fieri tamen permagna accessio potest, si aliquod aeternum et infinitum impendere malum nobis opinemur. Quod idem licet transferre in voluptatem, ut postea variari voluptas distinguere possit, augeri amplificarique non possit. At etiam Athenis, ut e patre audiebam facete et urbane Stoicos irridente, statua est in quo a nobis philosophia defensa et collaudata est, cum id, quod maxime placeat, facere possimus, omnis voluptas assumenda est, omnis dolor repellendus. Temporibus autem quibusdam et aut officiis debitis aut rerum necessitatibus saepe eveniet, ut et voluptates repudiandae sint et molestiae non recusandae. Itaque earum rerum.

In Table I, you see the planets of the solar system and their average distance from the Sun. The distances were calculated with (3) that we presented in Section III.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magnam aliquam quaerat voluptatem. Ut enim aequi doleamus animo, cum corpore dolemus, fieri tamen permagna accessio potest, si aliquod aeternum et infinitum impendere malum nobis opinemur. Quod idem licet transferre in voluptatem, ut postea variari voluptas distinguere possit, augeri amplificarique non possit. At etiam Athenis, ut e patre audiebam

facete et urbane Stoicos irridente, statua est in quo a nobis philosophia defensa et collaudata est, cum id, quod maxime placeat, facere possimus, omnis voluptas assumenda est, omnis dolor repellendus. Temporibus autem quibusdam et aut officiis debitis aut rerum necessitatibus saepe eveniet, ut et voluptates repudiandae sint et molestiae non recusandae. Itaque earum rerum defuturum, quas natura non depravata desiderat. Et quem ad me accedis, saluto: 'chaere,' inquam, 'Tite!' lictores, turma omnis chorusque: 'chaere, Tite!' hinc hostis mi Albucius, hinc inimicus. Sed iure Mucius. Ego autem mirari satis non queo unde hoc sit tam insolens domesticarum rerum fastidium. Non est omnino hic docendi locus; sed ita prorsus existimo, neque eum Torquatum, qui hoc primus cognomen invenerit, aut torquem illum hosti detraxisse, ut aliquam ex eo est consecutus? – Laudem et caritatem, quae sunt vitae sine metu degendae praesidia firmissima. – Filium morte multavit. – Si sine causa, nollem me ab eo delectari, quod ista Platonis, Aristoteli, Theophrasti orationis ornamenta neglexerit. Nam illud quidem physici, credere aliquid esse minimum, quod profecto numquam putavisset, si a.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magnam aliquam quaerat voluptatem. Ut enim aequale doleamus animo, cum corpore dolemus, fieri tamen permagna accessio potest, si aliquod aeternum et infinitum impendere malum nobis opinemur. Quod idem licet transferre in voluptatem, ut postea variari voluptas distinguere possit, augeri amplificarique non possit. At etiam Athenis, ut e patre audiebam facete et urbane Stoicos irridente, statua est in quo a nobis philosophia defensa et collaudata est, cum id, quod maxime placeat, facere possimus, omnis voluptas assumenda est, omnis dolor repellendus. Temporibus autem quibusdam et aut officiis debitis aut rerum necessitatibus saepe eveniet, ut et voluptates repudiandae sint et molestiae non recusandae. Itaque earum rerum defuturum, quas natura non depravata desiderat. Et quem ad me accedis, saluto: 'chaere,' inquam, 'Tite!' lictores, turma omnis chorusque: 'chaere, Tite!' hinc hostis mi Albucius, hinc inimicus. Sed iure Mucius. Ego autem mirari satis non queo unde hoc sit tam insolens domesticarum rerum fastidium. Non est omnino hic docendi locus; sed ita prorsus existimo, neque eum Torquatum, qui hoc primus cognomen invenerit, aut torquem illum hosti detraxisse, ut aliquam ex eo est consecutus? – Laudem et caritatem, quae sunt vitae sine metu degendae praesidia firmissima. – Filium morte multavit. – Si sine causa, nollem me ab eo delectari, quod ista Platonis, Aristoteli, Theophrasti orationis ornamenta neglexerit. Nam illud quidem physici, credere aliquid esse minimum, quod profecto numquam putavisset, si a.

REFERENCES

- [1] T. Möller and B. Trombore, "Fast Minimum Storage Ray Triangle Intersection."