



Informatique graphique

Rapport de projet :

Construction d'un Raytracer

Augustin Ardon

Professeur : Nicolas Bonneel

Introduction

Le but de ce compte rendu est de présenter les différents résultats obtenus tout au long du cours de Raytracing. Le but de ce cours est de réaliser le rendu réaliste d'une scène composées de différents objets à l'aide d'une méthode de path-tracing. Ce rapport présente les différents choix mis en œuvre lors de l'implémentation, ainsi que les résultats intermédiaires. Dans la suite du rapport, on considèrera que la scène est composée de 6 sphères dont les couleurs et positions sont présentées dans l'image ci-dessous. De même, la source de lumière sera disposée derrière la caméra, légèrement sur la gauche.

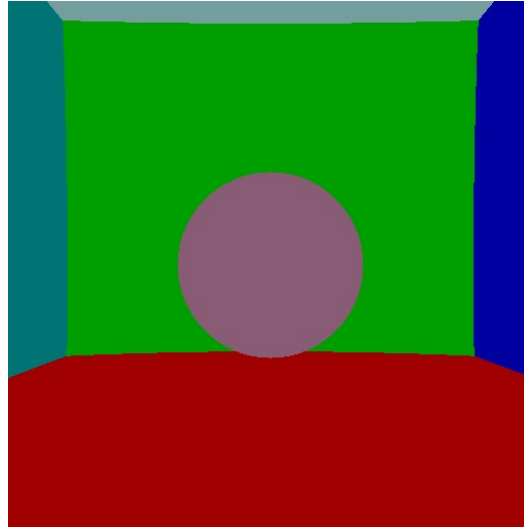


Figure 1: Schéma des couleurs des différents éléments de la scène

I. Intersection, source de lumière et ombres

Pour construire le rendu réaliste, on va créer un objet **Scène** comportant les différents objets que les rayons issus de la caméra peuvent intersecter. D'un point de vue de l'implémentation, on va mettre en place une première routine d'intersection au niveau de la scène, qui elle-même va appeler toutes les routines d'intersection des objets qui la constituent. Chacun de ces routines renvoie un objet intersection comportant les informations qui la définissent (booléen d'intersection, position du point d'intersection, normale en ce point ainsi que la distance à la caméra et l'identifiant de l'objet intersecté). Si le rayon est intersecté, on renvoie la couleur de l'objet intersecté comme illustré ci-dessous (gauche, pour cette étape, la boule est blanche).

L'ajout de l'éclairage direct depuis la source de lumière repose sur le principe suivant. Pour chaque point d'intersection, l'intensité de la lumière en ce point est multipliée par le produit scalaire entre la normale en ce point et le vecteur issu du point d'intersection vers la lumière. De même, elle est inversement proportionnelle au carré de la distance à la source de lumière. On obtient alors l'éclairage direct comme ci-dessous (droite)

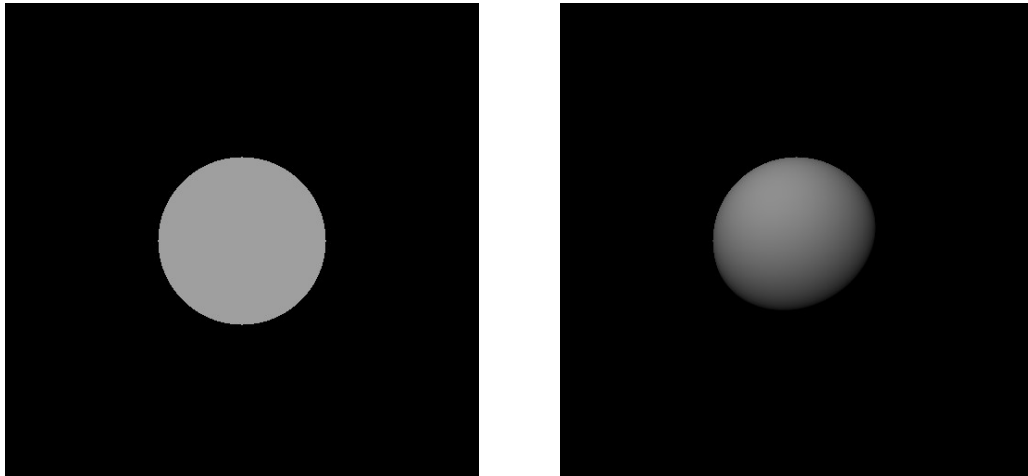


Figure 2: Test d'intersection simple (gauche) puis avec éclairage direct (droite)

Enfin, dans un dernier temps on va ajouter les autres sphères de la scène pour former les murs, puis ajouter les ombres. Pour calculer des ombres on procède de la manière suivante. Pour chaque point d'intersection, on lance un nouveau rayon vers la source de lumière. Si ce rayon est intersecté avant d'atteindre la lumière, alors il est ombragé, sinon il est éclairé. On obtient alors le rendu suivant.

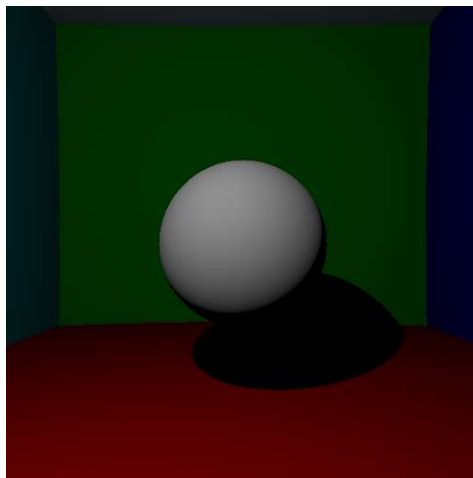


Figure 3: Rendu avec éclairage direct et ombrage

A noter que pour obtenir ce résultat, il faut corriger légèrement la source du point d'intersection du premier rayon. En effet, il faut décoller légèrement le point d'intersection de la surface de l'objet (dans le sens de la normale) pour tirer le second rayon, sans quoi on obtient beaucoup de bruit.

II. Corrections gamma et anti aliasing

L'œil humain fait mieux la différence entre deux couleurs sombres que deux couleurs claires. Ainsi, pour mieux rendre compte des contrastes de couleurs il existe une correction dite gamma, permettant de mieux étaler les couleurs sur le spectre clair et les rapprocher sur le spectre foncé. De cette façon, les différences de perceptions en sont améliorées. Pour cela, il suffit de mettre la couleur finale d'un pixel à la puissance gamma, avec gamma valant 2,2. On obtient alors le résultat suivant.

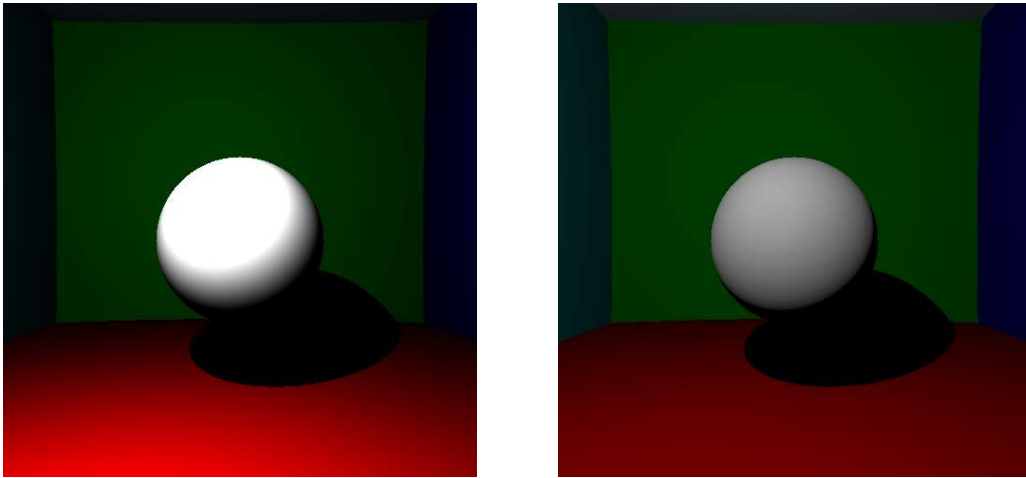


Figure 4: Rendu sans (gauche) et avec (droite) correction gamma

Ainsi, à l'aide de cette correction gamma, on distingue mieux les contrastes de luminosité entre les différentes couleurs de la scène.

De même, on a ici lancé un seul rayon au centre de chaque pixel puis attribué la couleur de l'objet intersecté au pixel entier. Le résultat est qu'on observe un crênelage de l'image à l'échelle d'un pixel. Pour résoudre ce problème on procède à une méthode d'anti-aliasing. Pour résoudre ce problème, on ne lance plus des rayons vers le centre de chaque pixel mais de manière aléatoire dans chaque pixel (selon une distribution gaussienne centrée au centre du pixel) puis on moyenne le résultat. On observe ainsi le résultat suivant (obtenu en moyennant sur 200 rayons).

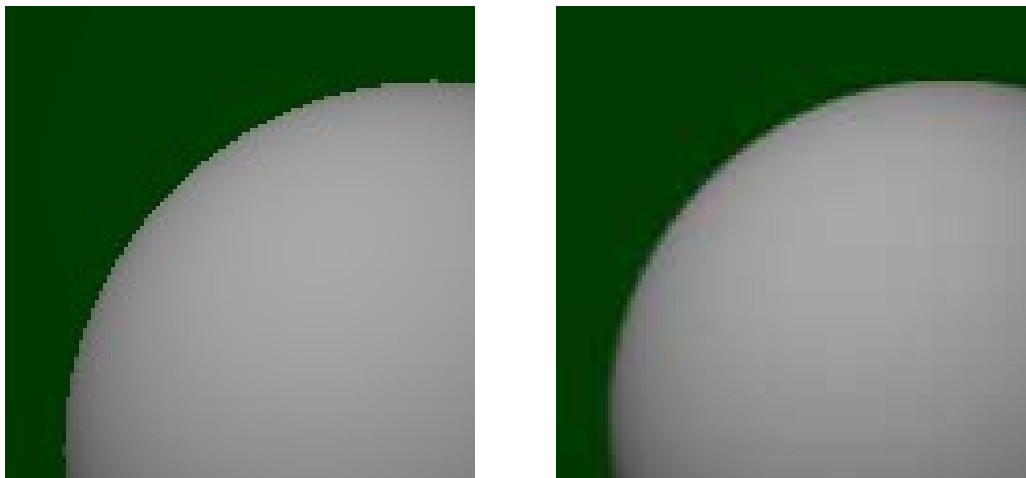


Figure 5: Rendu sans (gauche) et avec (droite) anti-aliasing

III. Surfaces miroir et transparentes

Pour créer des surface miroir il suffit de renvoyer le rayon incident dans la direction symétrique par rapport à la normale au point d'intersection. Il est d'ailleurs possible de colorer les miroirs en colorant le rayon réfléchi. On obtient alors les résultats suivants.

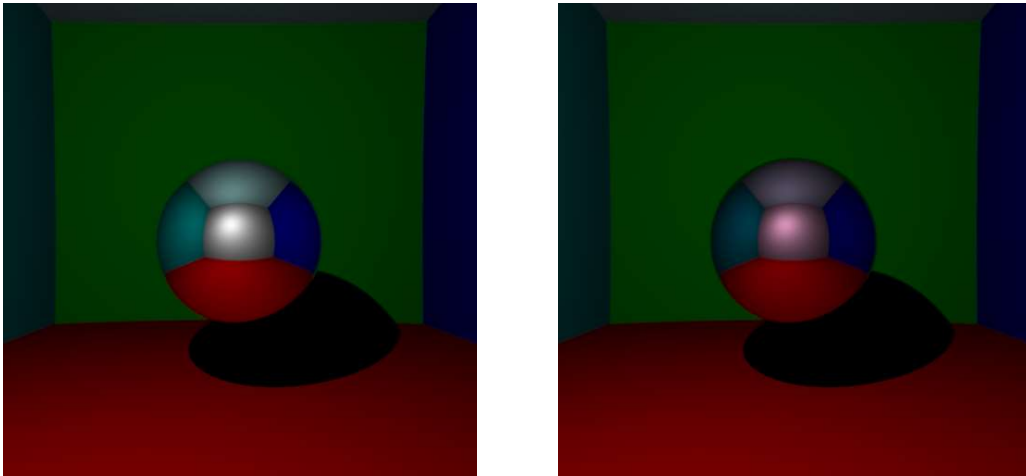


Figure 6: Rendu de la scène avec un boule spéculaire non colorée (gauche) et colorée (droite)

De la même manière, pour ajouter des surfaces transparentes il suffit d'implémenter les lois de Snell-Descartes. Il est aussi possible de colorer ces surfaces. On obtient les résultats suivants.

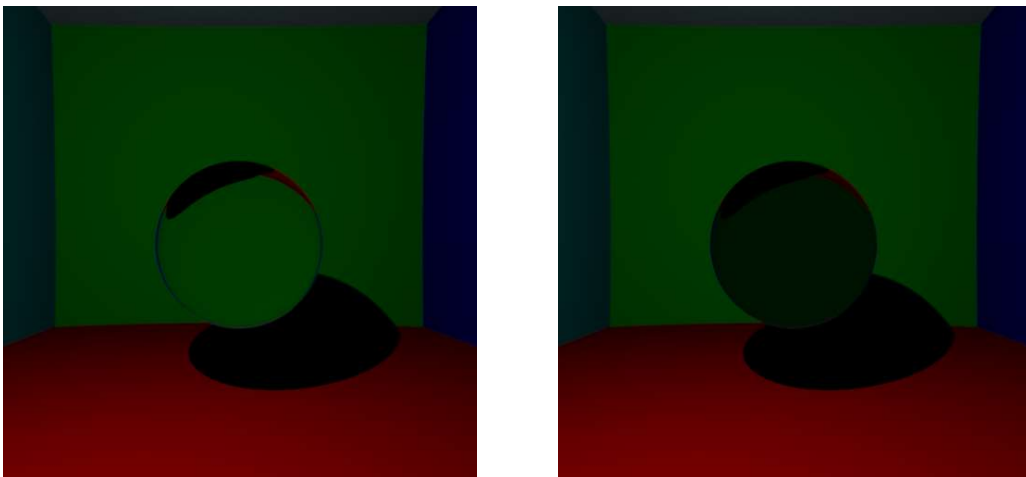


Figure 7: Rendu de la scène avec une boule transparente non colorée (gauche) et colorée (droite)

IV. Eclairage indirect

Pour davantage de réalisme et pour éviter les zones entièrement noires dues aux ombres, on met en place de l'éclairage indirect. Il s'agit de faire rebondir les rayons sur les objets dans des directions aléatoires et de moyenner le résultat. Ainsi, on s'attend à ce que les bords des structures soient légèrement colorées de la couleur des objets voisins. Pour que le rendu ne soit pas trop bruyé, il est nécessaire d'augmenter le nombre de rayons lancés. On obtient alors les résultats suivants.

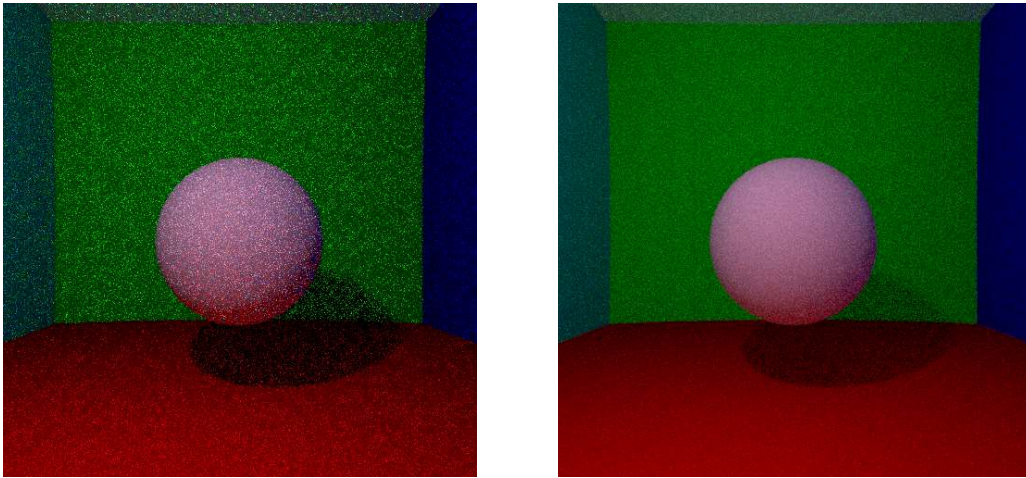


Figure 8: Rendu de la scène avec éclairage indirect et 1 rayon (gauche) puis 10 rayons (droite)

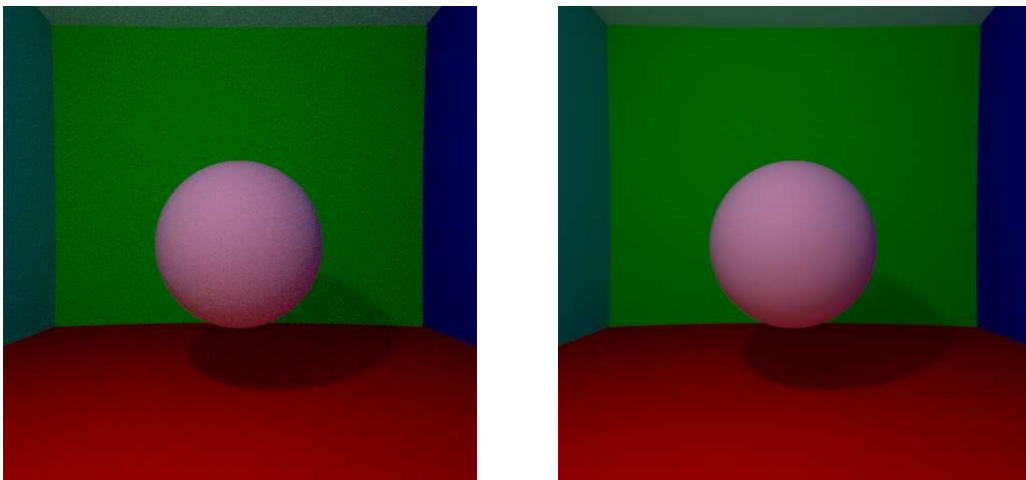


Figure 9: Rendu de la scène avec éclairage indirect et 50 rayons (gauche) puis 1000 rayons (droite)

V. Lumière diffuse

Pour obtenir des ombres plus douces, il faut mettre en place une source de lumière étendue. Il s'agit de faire une sphère qui sera la nouvelle source de lumière. Plus la source est grande et plus les ombres seront douces. On obtient alors les résultats suivants.

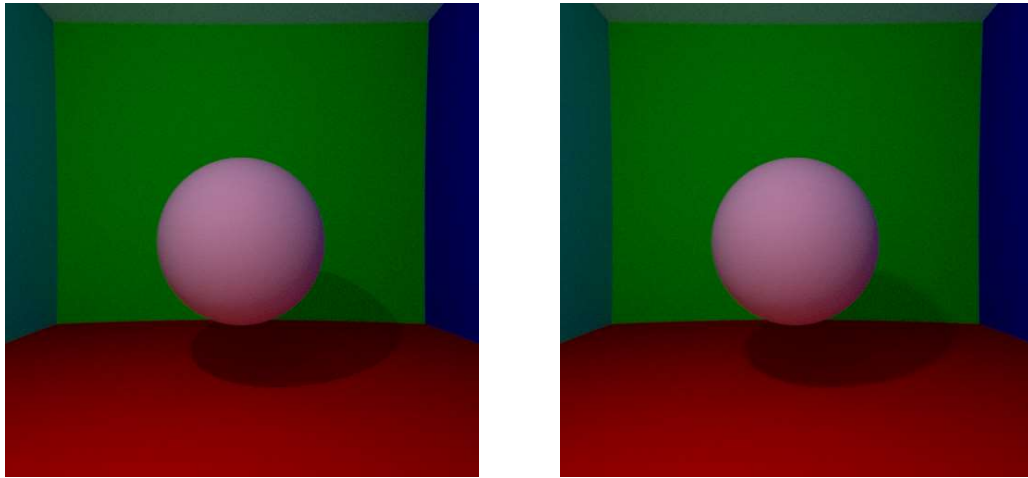


Figure 10: Rendu de la scène avec lumière étendue et $R=0.01$ (gauche) puis $R=1$ (droite)

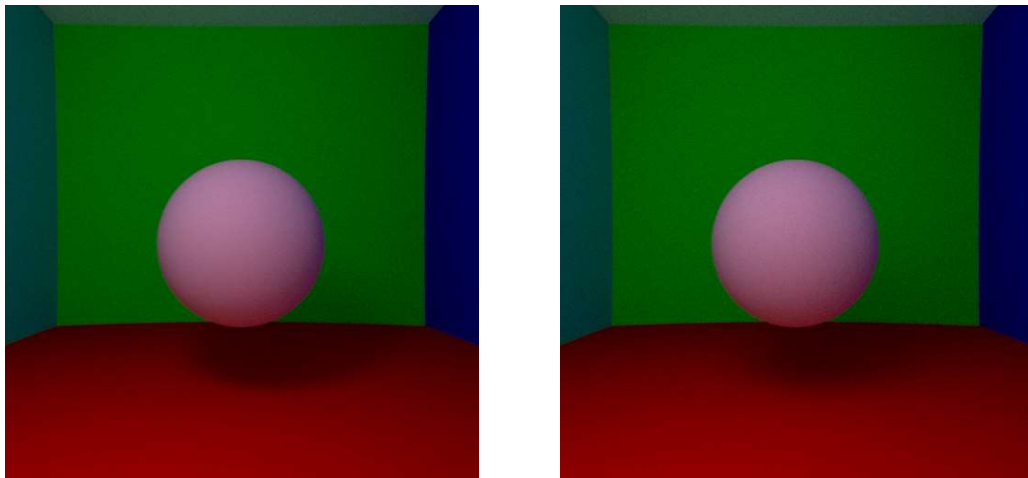


Figure 11: Rendu de la scène avec lumière étendue et $R=5$ (gauche) puis $R=10$ (droite)

VI. Profondeur de champ

Pour mettre en place un effet de profondeur de champ comme sur un appareil photo il suffit de mettre en place un angle d'ouverture au niveau de la caméra. Plus cet angle est ouvert et plus la profondeur de champ est importante et plus les zones en dehors du plan de mise au point seront floues. On obtient les résultats suivants.

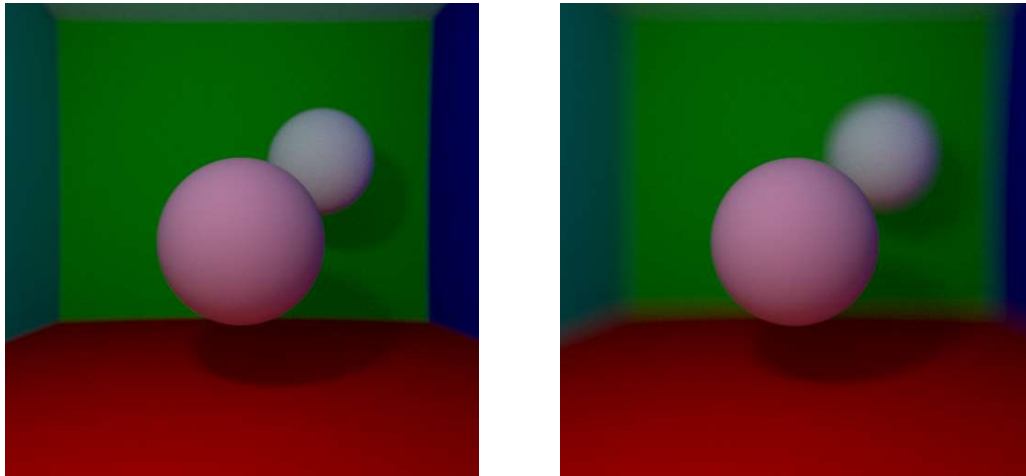


Figure 12: Rendu de la scène avec profondeur de champ et une ouverture de 1 (gauche) puis une ouverture de 5 (droite)

VII. Les maillages et boîtes englobantes

De manière à passer d'une scène composée de sphère à une scène composée d'objets plus complexes, il est nécessaire de mettre en place une structure de maillage. Un maillage est en réalité une structure de triangles représentées par des sommets liés entre eux. De la même manière que pour les sphères, on crée une routine d'intersection pour un maillage qui itère chacun des triangles qui le composent pour savoir s'il y a une intersection. Cette fois, pour augmenter la vitesse de calcul on met aussi en place un système de boîtes englobantes qui permet en un seul calcul de savoir si un groupe de triangle est intersecté ou non. On prend par exemple ici un maillage sous forme d'une femme. Enfin, pour améliorer le rendu, on peut lisser les contours des formes.

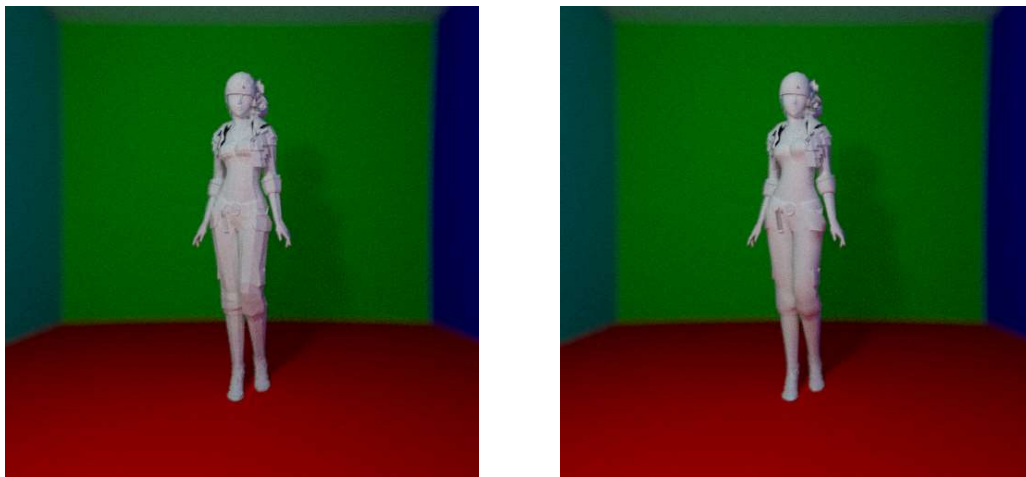


Figure 13: Rendu d'un maillage simple (gauche) puis lissé (droite)

VIII. Les textures

Enfin, On ajoute des textures aux formes que l'on affiche. Ces textures sont stockées dans des fichiers .bmp et lient chacune des parties des formes à une image. Ici, les coordonnées dans l'espace de chacune des formes et liée à un point d'une image de texture. En liant ces deux informations, on obtient le rendu suivant.



Figure 14: Rendu du maillage avec ajout de textures

Conclusion

Ainsi au travers de ce projet, nous avons pu mettre en place un rendu réaliste basé sur du path-tracing. Le rendu final dépend totalement du type de BRDF utilisé. Ici il s'agit d'une BRDF diffuse, c'est-à-dire qu'un rayon a autant de chance d'aller dans toutes les directions une fois réfléchi. Des essais ont été faits avec une BRDF basée sur le modèle de Phong, toutefois je n'ai pas réussi à avoir un rendu satisfaisant...

