

Théorie et Historique du rendu 3D

Cours 4

La Cambre -Option AIM
Iris Pissens / 2010


Cours 4 – Algorithmes de rendu

- 1 – Techniques de GI
- 2 – Méthode de Tir de rayons
 - Principe
 - Paramètres
 - Approche stochastique
 - Optimisation de la méthode
- 3 – Algorithme de radiosité classique
 - Facteurs de forme
 - Algorithme de radiosité progressive
- 4 – Photon Mapping
- 5 – Final Gather

Algorithmes d'Illumination globale

Pour résoudre l'équation d'illumination, on utilise des algorithmes:

la radiosité : méthode déterministe
 le tir de rayons :
 le beam tracing
 le cone tracing
 le path tracing
 le metropolis light transport
 le photon mapping (GI dans mr)
 le final gathering : « pass » final




Modélisation de :
 l'inter-réflexion diffuse
 la réflexion spéculaire

On peut combiner l'utilisation de ces différents algorithmes


Comparaison de rendus

1- algorithme scan-line
Éclairage ambiant homogène

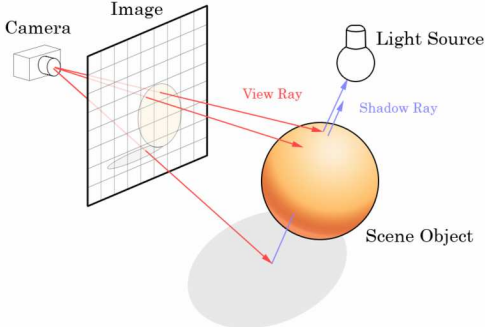


2 et 3- algorithme illumination globale
Méthode de tirs de rayons

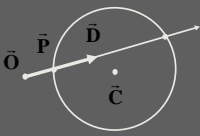
← Réflexions secondaire : approx. éclairage ambiant



Méthode de Tirs de Rayons



Intersection Lumière -Matière




Rayon: $\vec{P} = \vec{O} + t\vec{D}$

Sphere: $(\vec{P} - \vec{C})^2 - R^2 = 0$

$(\vec{O} + t\vec{D} - \vec{C})^2 - R^2 = 0$

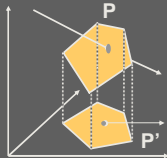
$at^2 + bt + c = 0$

$t = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$

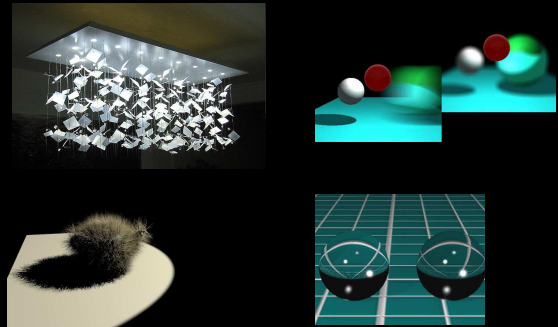


Intersection Rayon-Polygone

- ⇒ 1. rayon \cap plan du polygone $Ax + By + Cz + D = 0$; P
- ⇒ 2. Test : P' se trouve ds le polygone projeté?
 - a. Projection de P sur le plan xy
 - b. Test : P' se trouve ds le polygone projeté?



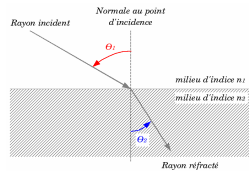
Tir de rayons : réflexion, réfraction, ombre, (effet de lentille)



1980 : article de Turner Whitted - algorithme de ray tracing en 3 fonctions

Indice de réfraction – loi de Fresnel

Objets transparents / translucides

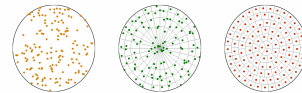


$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

Matériaux	IOR
cristal	2
rubis	1.8
verre	1.5
glace	1.3
eau	1.33
vide / air	1



Approche stochastique



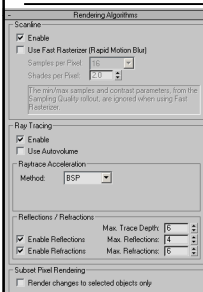
Jittering (L. Cook) : petits déplacements aléatoires

Méthode de Monte-Carlo : échantillonnage aléatoire des zones de tirs. Technique probabiliste.

Méthode souvent utilisée dans les échanges radiatifs (thermique / lumière)

Principe : on isole des variables-clés et on leur affecte une distribution de probabilité. On fait un grand nombre de tirages (tirs de rayons) dans les distributions afin de déterminer la probabilité d'occurrence des résultats.

Paramètres de tirs de rayons



Complémentarité - scan line (illumination directe)
- ray-tracing (illumination indirecte)

caustiques GI

Options Scan line

- numérisation rapide: rendu sur base des premiers rayons

Options Ray Tracing

-optimisation par méthode BSP: répartition en zones en fonction du point de vue caméra

-Max.Trace depth : nbre de rayons maximal somme de la réflexion et réfraction pris en compte (rayons secondaires)

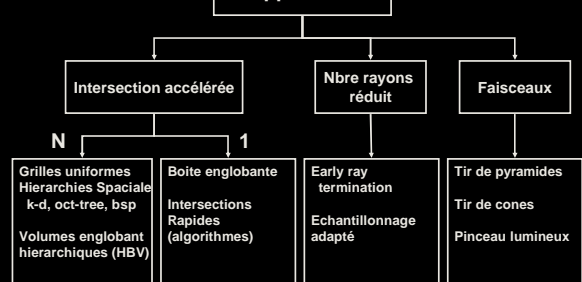
Options de Rendering

-Render changes to selected object only : calcul de rendu sur objets pré-sélectionnés (influence de tous les objets de la scène).

Utile pour des rendus itératifs afin de visualiser l'effet de paramètres.

Optimisation de la méthode de tirs de rayons

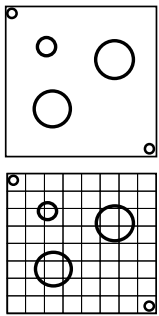
Approches



Optimisation

1- Intersection accélérée

Boîte englobante



- Preprocess scene
- 1. Find bounding box

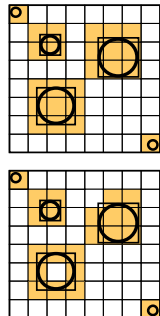
- Preprocess scene
- 1. Find bounding box
- 2. Determine resolution

- $n_v = n_x n_y n_z \propto n_o$
- $\max(n_x, n_y, n_z) = d \sqrt[3]{n_o}$

Optimisation

1- Intersection accélérée

Boîte englobante



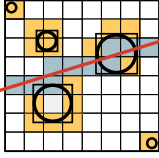
- Preprocess scene
- 1. Find bounding box
- 2. Determine resolution
- 3. Place object in cell

- If object overlaps cell: check if object intersects cell

Optimisation

1- Intersection accélérée

Boîte englobante



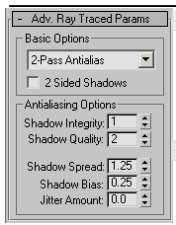
- Preprocess scene
- Traverse grid

Optimisation

2- nombre de rayons réduits

- Augmentation de vitesse de calcul
 - 1ère étape Algorithme z-buffer
 - 2ème étape Méthode de tirs de rayons
- Modélisation par placage d'environnement
 - Reflection Mapping
 - réflexions inter objets spéculaires
 - développée par Blinn et Newell.

Paramétrisation du calcul d'ombres



Options de base

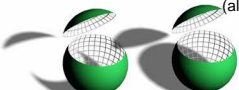
Pass 1 : détermine : illuminé – ombre – pénombre

Pass 2 : dans les zones à détailler (pénombre), un 2ème faisceau est tiré

Ombre projetée par faces dos tourné à la caméra si « 2 sided shadows » est activé.

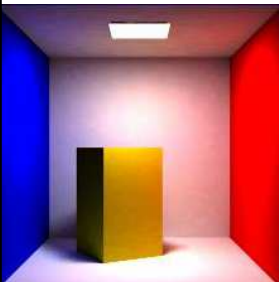
Options d'antialias

- nbre de rayons pris en compte pour calculer l'ombre (rayons primaires et secondaires),
- Shadow spread : effet de blur sur les bords de l'ombre
- Bias : distance ombres - objet
- Jitter : élimine artéfacts en altérant position des rayons (aléatoire).



Algorithme de radiosité

Étalement de couleur (color-bleeding)



Se base sur la Théorie des éléments finis appliquée à l'illumination globale

Maillage de la surface

On modélise par des fonctions polynomiales à l'intérieur d'un polygone donnée et nulles à l'extérieur.

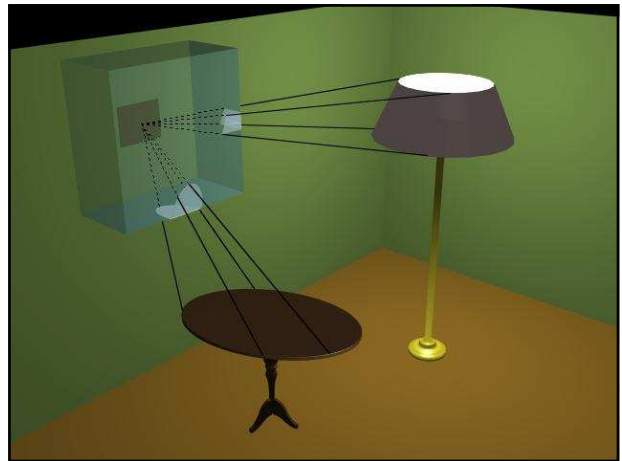
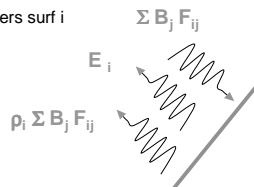
Particularité : adaptation du maillage aux particularités rencontrées (discontinuités)

1984 "Modeling the Interaction of Light Between Diffuse Surfaces", consortium Goral, Torrance & co

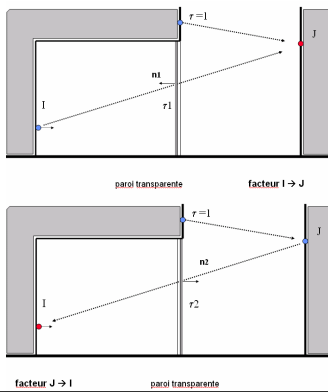
Equation de radiosité

$$B_i = E_i + \rho_i \sum B_j F_{ij}$$

- B_i radiosité de surface i
- E_i émissivité de surface i
- ρ_i réflectivité de surface i
- B_j radiosité de surface j
- F_{ij} facteur de forme de surf j vers surf i



Facteurs de forme



Algorithme de radiosité classique

Principe : on rassemble l'énergie provenant des autres facettes

Méthode itérative de résolution de systèmes linéaires:

$$\begin{bmatrix} 1 - \rho_1 F_{11} & -\rho_1 F_{12} & \dots & -\rho_1 F_{1n} \\ -\rho_2 F_{21} & 1 - \rho_2 F_{22} & \dots & -\rho_2 F_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -\rho_n F_{n1} & -\rho_n F_{n2} & \dots & 1 - \rho_n F_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ \vdots \\ B_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} E_1 \\ E_2 \\ \vdots \\ E_n \end{bmatrix}$$

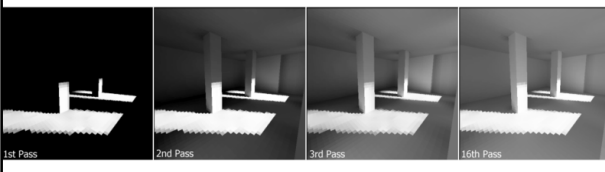
Cet algorithme peut donc se résumer en quelques lignes :

- 1 pour tous les i
- 2 $B_i = E_i$
- 3 tant que la précision voulue n'est pas atteinte
- 4 pour tous les i les uns après les autres
- 5 $B_i = E_i + \rho_i * \sum_{j \neq i} B_j * F_{ij}$
- 6 dessiner une image avec les B_i temporaires

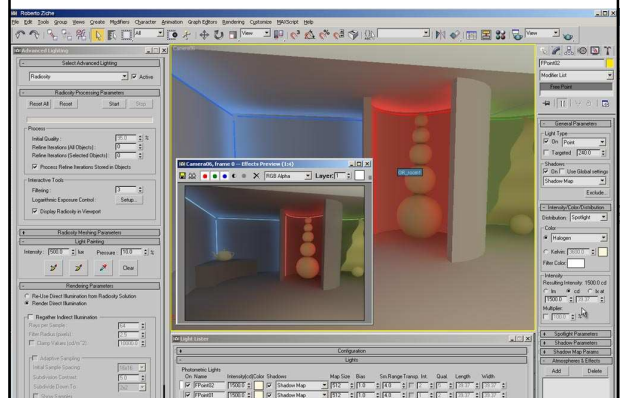
Algorithme de radiosité progressive

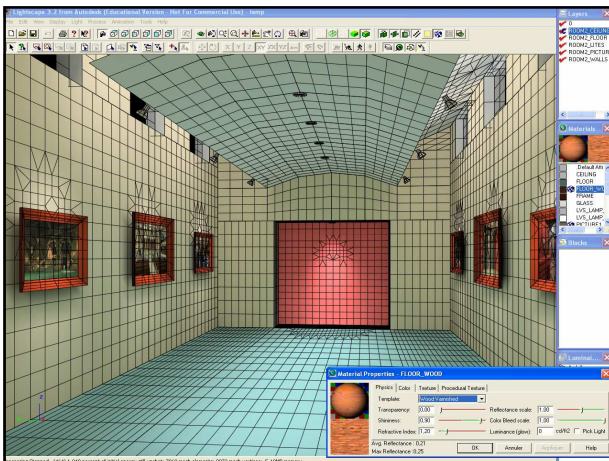
Principe : on distribue l'énergie provenant de la facette calculée
Avantage : priorité aux facettes les plus lumineuses

- Méthode itérative de résolution
- For each iteration :
 - Select a surface i
 - Calculate F_{ij} for all surfaces j
 - For each surface j :
 - Update radiosity of surface j
 - Update emission of surface j
 - Set emission of surface i to zero



Paramètres de radiosité





Combinaison de méthodes de rendu : scan line et radiosité

Eclairage direct
(scanline)

Eclairage indirect
(stocké ds la géométrie)

Eclairage combiné
direct + indirect

Combinaison de méthodes de rendu : scan line et regathering

Importance de la
tessellation
(subdivision du modèle)

Pendant le rendu
(éclairage direct +
radiosité)

Image finale avec
regathering

Paramétrisation du regathering

Par défaut, calcul des ombres à partir des sources. Ajoute ensuite le résultat calculé par radiosité à partir des données géométriques.

Regathering permet d'avoir un bon niveau de détails. Sa finesse dépend de la résolution de radiosité stockée dans la géométrie.

Filter radius : échantillon moyenné sur une zone de rayon choisi afin de diminuer le bruit de l'image

Adaptive sampling : échantillonnage adapté en fonction du seuil de contraste fixé

Photon Mapping

Deux passes :

- lancer de n photons dans la scène
- rebonds mémorisés dans photon map
- calcul de contribution des collisions de photons pour couler et illumination de chaque pixel

1996 article "Global Illumination Using Photon Maps" de Henrik Wann Jensen

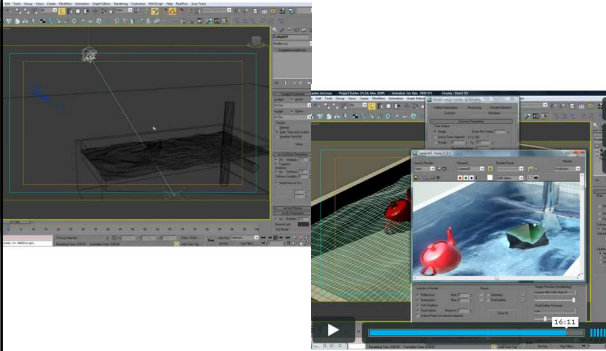
Final Gather

Preset de FG
-densité initiale. Ex : 0.25, 1 rayon tiré tous les 4 pixels dans l'espace écran

-Rays per FG Points. Ex : 64.
1 rayon tiré enverra 64 rayons "sondes" dès qu'une surface sera rencontrée.

Image courtesy Paolo Berto, mental images

Tutorial Mental Ray – Arch&Design – 3DS Max



Matériaux Arch & Design de Mental Ray par B. Chauvet, sur <http://vimeo.com/3596361>