

# Informatique Graphique 3D & Réalité Virtuelle

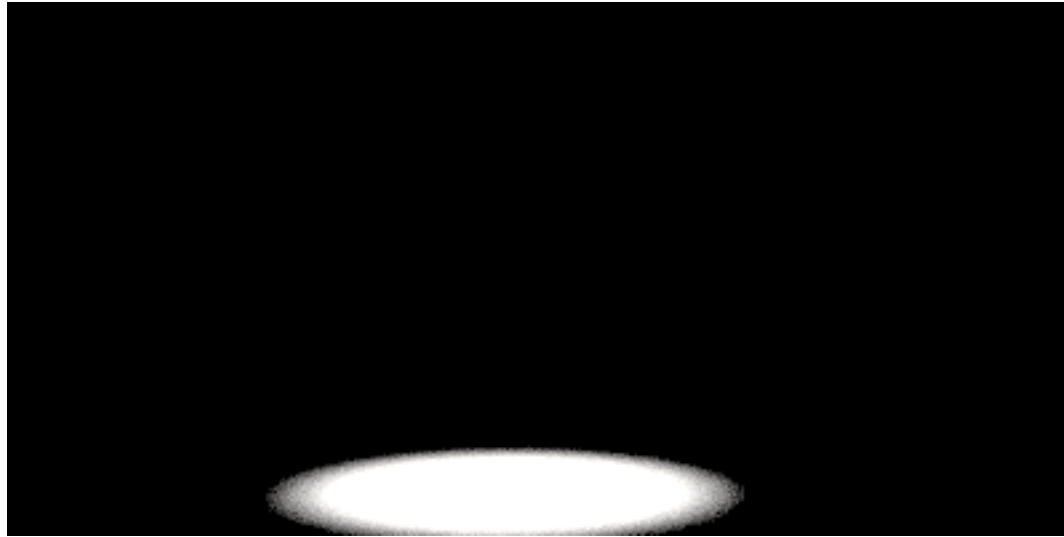
## Synthèse d'Images

# Eclairage Global

Tamy Boubekleur



Eclairage Direct



Eclairage Global





Scène

Image finale





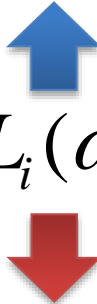


$\text{Eclairage global} = \text{Eclairage Direct} + \text{Eclairage Indirect}$

# De l'éclairage direct à l'éclairage global

Intégrale > somme sur peu de termes

Eclairage direct > sources lumineuses primaire

$$L_o(\omega_o) = L_e(\omega_o) + \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi/2} L_i(\omega_i) f(\omega_i, \omega_o) \cos \theta_i d\theta_i d\phi_i$$


Eclairage indirect > toute surface éclairée

Equation réursive

Pas de forme analytique simple

Solution :

- Rendu de Monte-Carlo
  - *path-tracing*
  - *bidirectional path tracing*
  - *photon mapping*
- Simulation de radiosité



# Eclairage Indirect

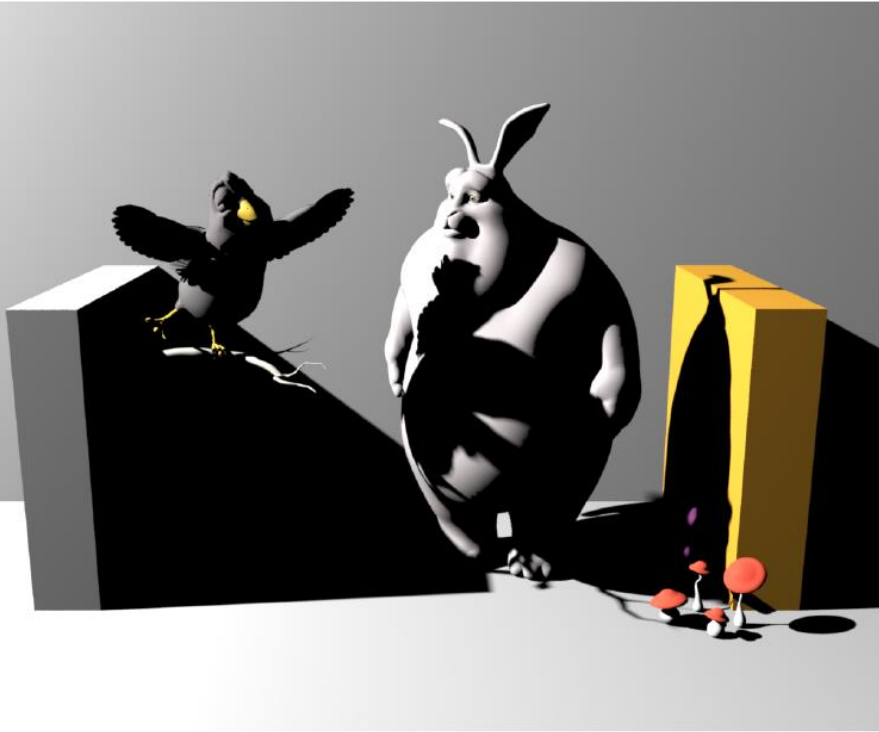


Eclairage direct

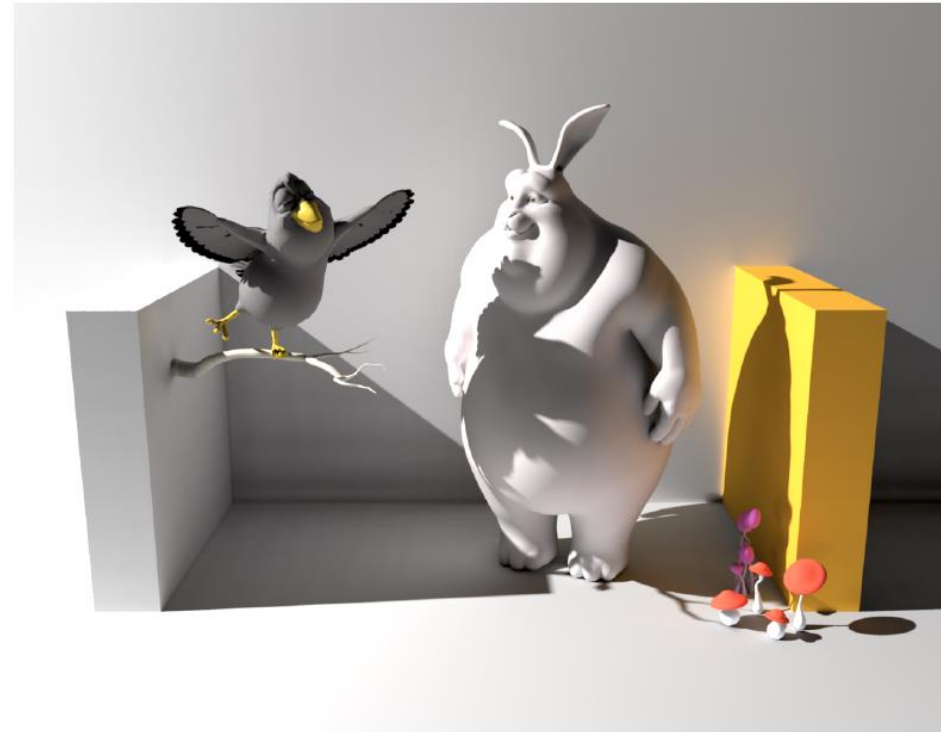


Eclairage direct  
+  
Eclairage indirect

# Eclairage Indirect



Eclairage direct



Eclairage direct  
+  
Eclairage indirect

# Eclairage Indirect



Eclairage direct

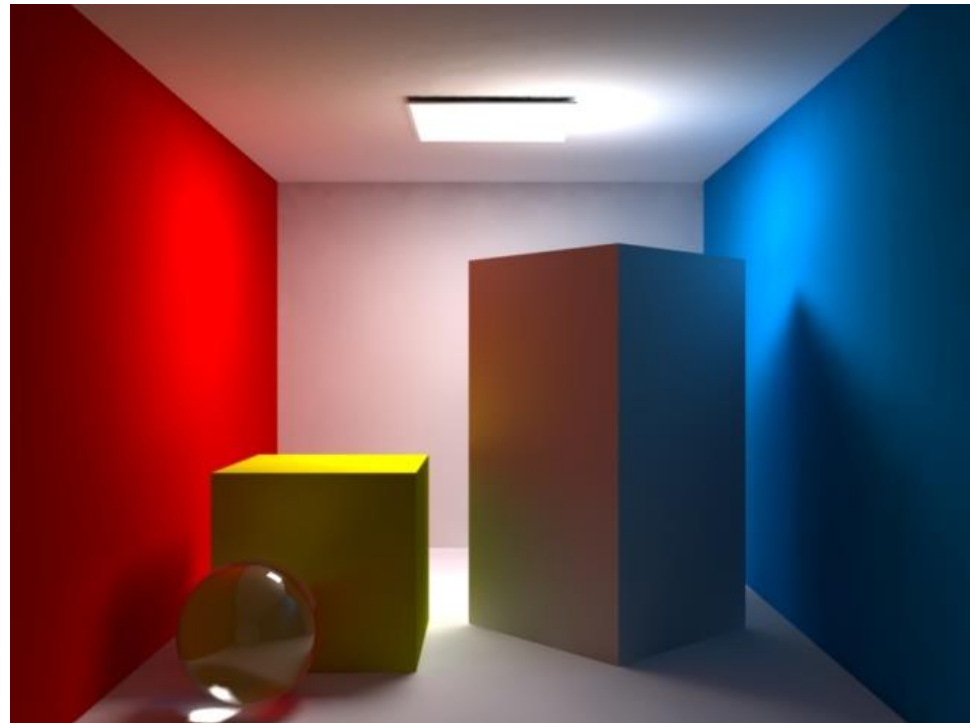


Eclairage direct  
+  
Eclairage indirect



# Eclairage global

- Tenir compte de tous les échanges lumineux dans une scène
- Toute surface éclairée devient à son tour éclairante
- Plusieurs méthodes:
  - Path Tracing (backward)
  - Radiosité (forward)
  - Photon Mapping



# Rendu de Monte Carlo

- Une solution élégante aux calcul de l'éclairage directe (par exemple par path tracing)
- Permet de simuler bien plus d'effets
  - Flou de profondeur, flou de mouvement, anti-aliasing.

$$- \int \int du \int \int dp \int \int d\omega_i \int \int d\omega_i[...]\int \int dt$$

↑  
Surface du pixel  
(antialiasing)

↑  
Surface de la lentille  
(flou de profondeur)

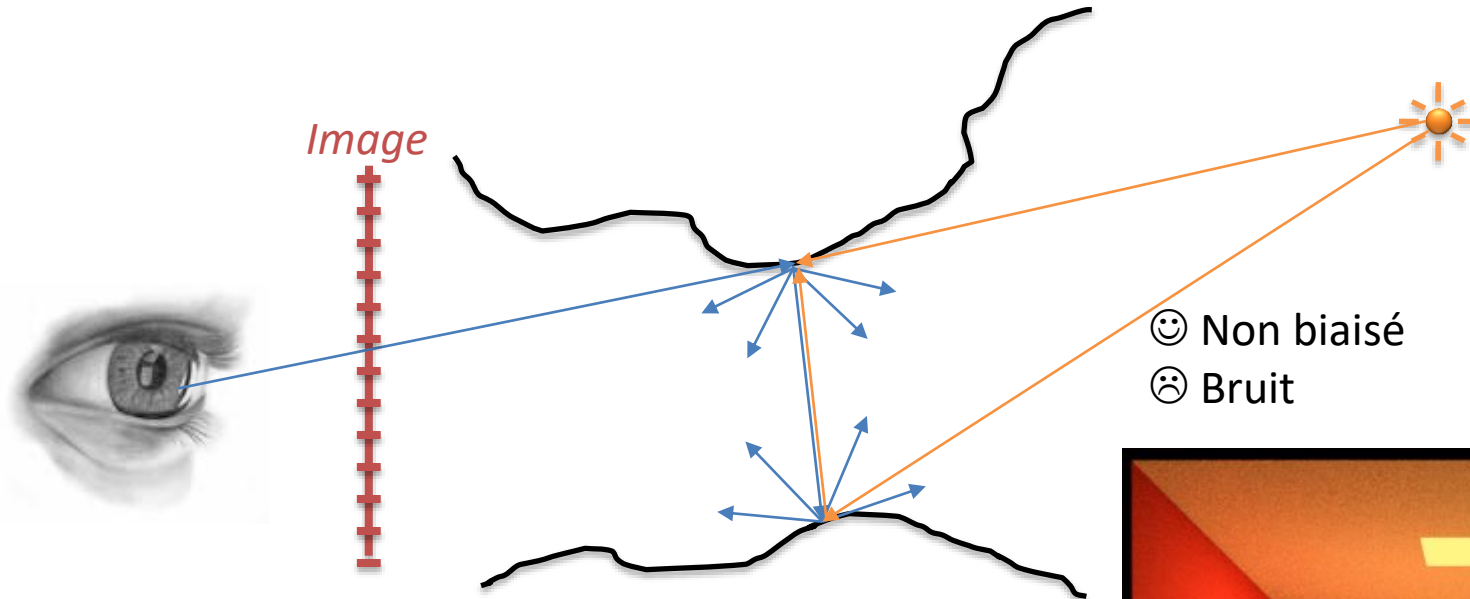
↑  
1<sup>er</sup>, 2<sup>ième</sup>, etc, rebond  
(éclairage global)

↑  
temps  
(flou de mouvement)

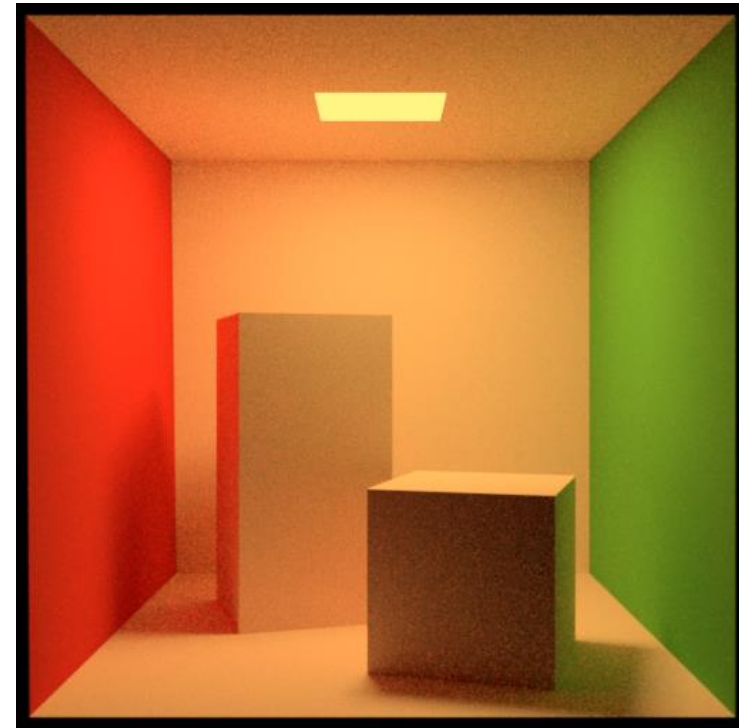
# Rendu de Monte Carlo

- Construction des chemins basée sur un ensemble de distributions de probabilités modélisant
  - la surface du capteur > antialiasing
  - la lentille > defocus
  - réflexions, absorption, dispersion, etc > transport de la lumière
  - le temps d'ouverture > flou de mouvement
- Sur les surfaces : échantillonnage d'importance
  - Terme en cosinus, BSDF

# Path Tracing



- Lancer de rayon + intégration de Monte Carlo
- Pixel = moyenne des réponses de chemins de transports lumineux dans la scène.
- Un chemin = collection de segments
  - Tracer de rayon pour chaque chemin
- A chaque sommet du chemin
  - Segment suivant tiré aléatoirement
  - uniforme ou selon la BRDF (*échantillonnage d'importance*)
  - Radiance = radiance incidente du segment suivant modulée par la BRDF au sommet + radiance issue de l'éclairage direct

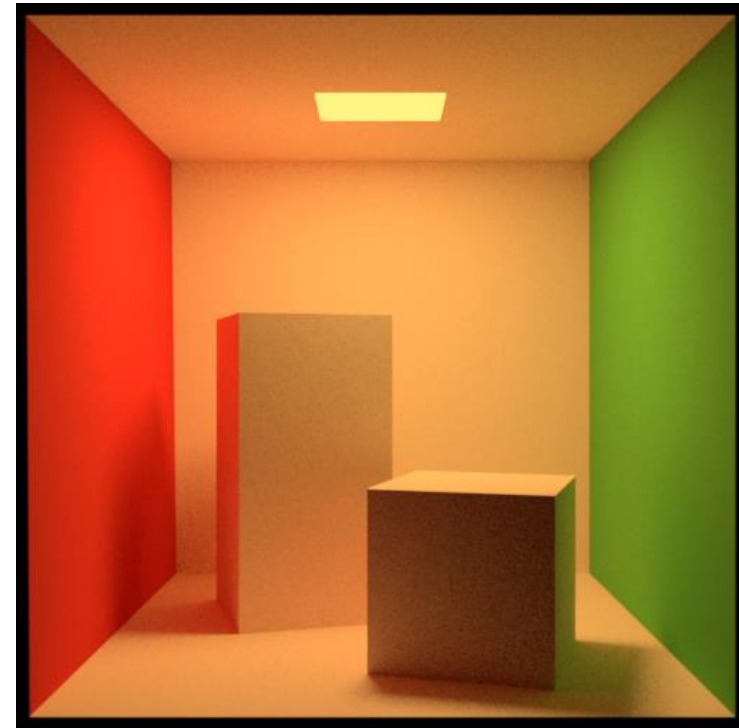




# Bi-Directionnall Path Tracing

- Calcul de plusieurs arbres de chemins
  - Un depuis la camera (identique au *Path Tracing* classique)
  - Un depuis chaque source de lumière
- On connecte ensuite les feuilles des arbres des sources aux feuilles de l'arbre de de la caméra

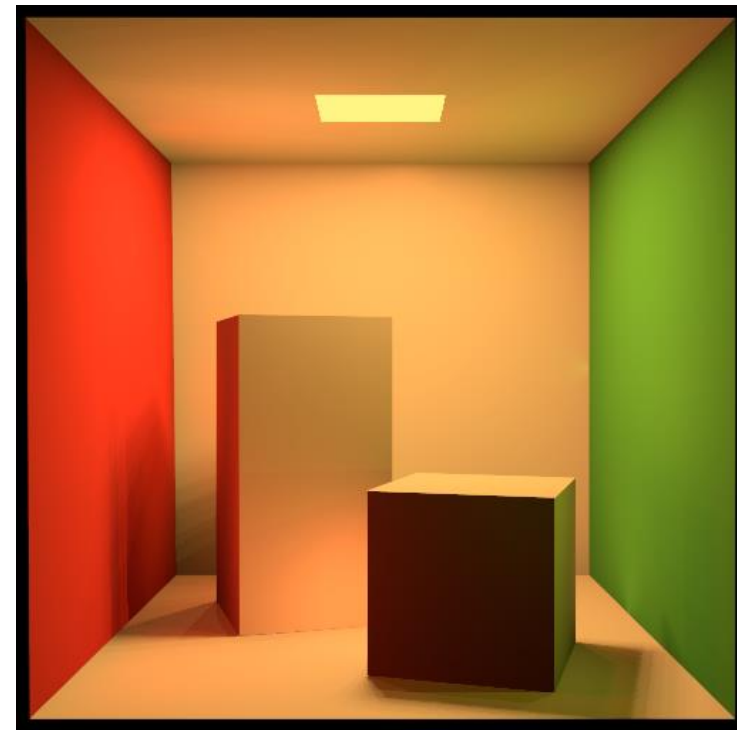
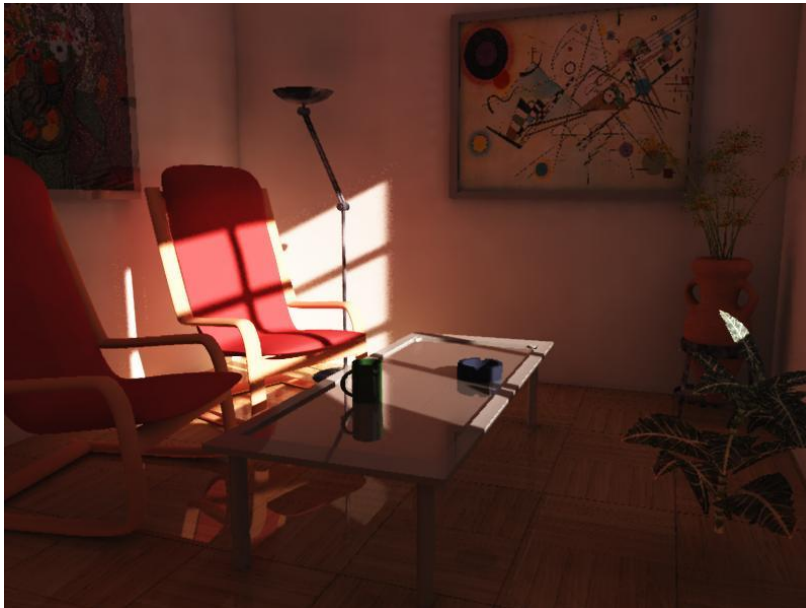
- ☺ Non biaisé, caustiques bien reproduites
- ☹ Lenteur, encore du bruit



# Radiosité

- Calcul des échanges lumineux *diffus* à partir des sources de lumière
- Echanges surface-surface
- Adapté aux surfaces mates.

- ☺ Non biaisé, non bruité
- ☹ Pas de réflexions spéculaires



# Photon Mapping



[Jensen 96]

1. Emission de photons depuis les sources
  2. Simulation des photons dans la scène (rebonds, absorption d'énergie, etc)
    - Roulette russe
    - 3 types/cartes de photons : diffus, caustique (spéculaires) et volumétrique
  3. Reconstruction de la radiance en chaque point par interpolation des photons voisins (*final gathering*)
    - Carte des photons stockée comme un **kd-tree**
- ☺ Effets volumétriques, caustiques, spéculaires  
☹ Bruité, biaisé



# Discussion

- Bruit versus biais
- Temps versus précision
  - Méthodes Many-Lights
    - Exemple : Point-Based Global Illumination
- Chemins importants mais peu probables
  - Metropolis Light Transport

## Synthèse d'Image avancée:

- Analyse du rendu de Monte Carlo
- Modèles d'approximation de l'éclairage indirect
- Solutions temps-réel
- Milieu participant, effets volumétriques, dispersion sous-surface, caustiques



# Références

- [Robust Monte Carlo Methods for Light Transport Simulation](#), Eric Veach PhD Thesis, 1998
- *Physically Based Rendering*, Second Edition, Pharr & Humphreys, <http://www.pbrt.org/>, 2002
- Mitsuba, <http://www.mitsuba-renderer.org/>