

# Nouvelle représentation directionnelle pour l'éclairage global

R. Pacanowski  
X. Granier & C. Schlick

iparta



# Contexte

- **Éclairage global**
  - Synthèse d'images réalistes
  - Réalité augmentée
- **Différentes approches**
  - Quantitative
    - Simulation avec mesure d'erreur
    - Paramètres peu intuitifs
  - Qualitative
    - Solution plausible ou cohérente
    - Paramètres intuitifs

# Approche qualitative

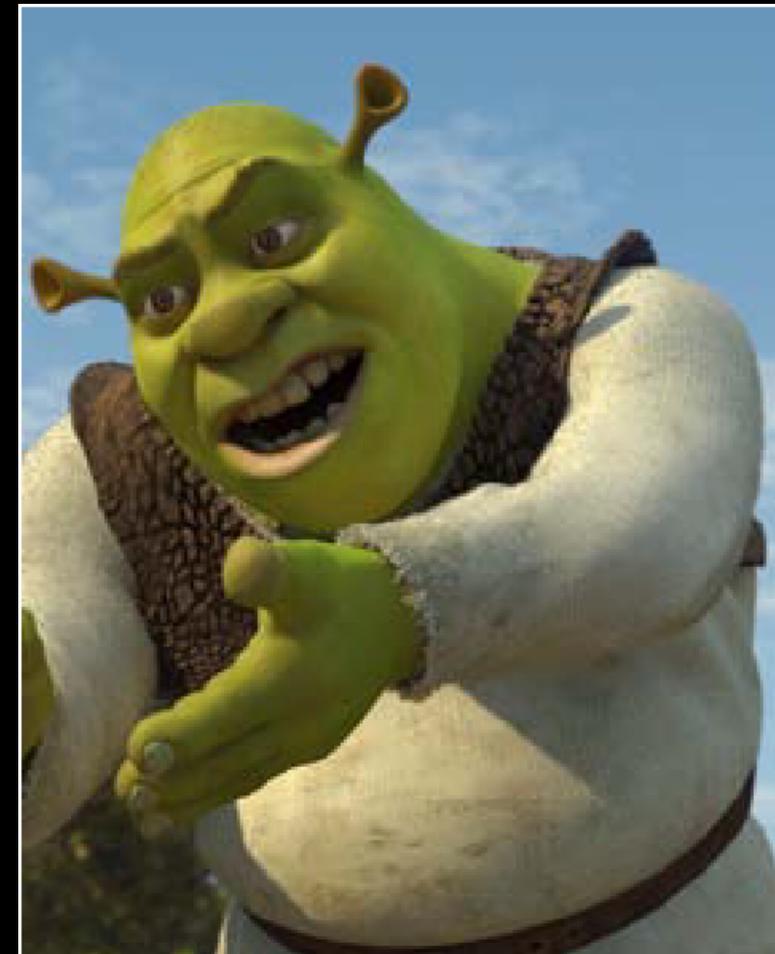
- **Besoins**

- Contrôle
- Interaction
- Édition

- **Objectifs**

- Représentation simple et intuitive
- Robuste aux variations géométriques et matérielles
- Multi-résolution

[Tabellion 04]



# Plan

- **Travaux antérieurs**
  - Méthodes de résolution
  - Modes de représentation
  - Structure d'accélération
- **Nouvelle représentation**
- **Résultats**
- **Conclusion & travaux futurs**

# Méthodes de résolution (1/3)

## Déterministes

- **Hypothèse diffuse**

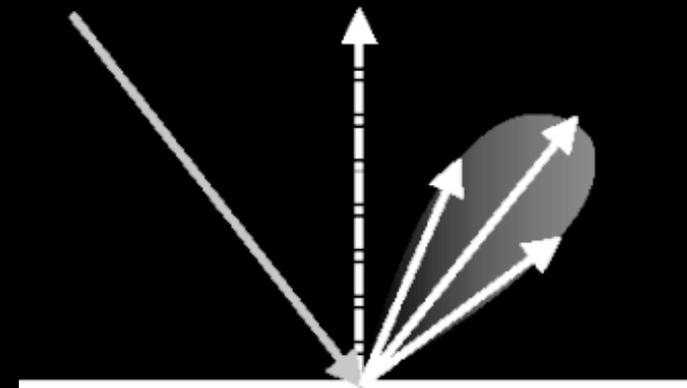
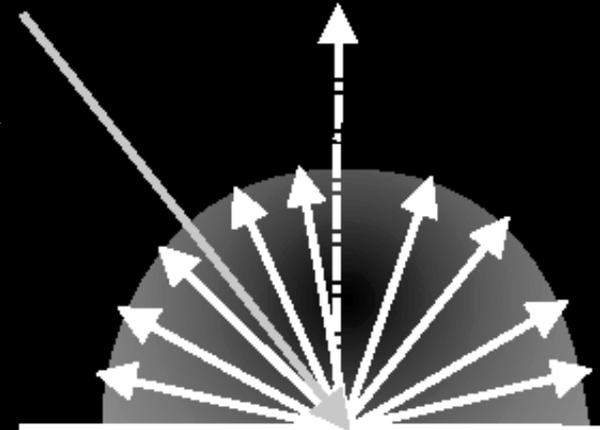
*[Goral 84, Cohen 88, Hanrahan 91,...]*

- Valeur scalaire (radiosité)
- Reconstruction sur le maillage

- **Cas général**

*[Sillion 95, Stamminger 00,...]*

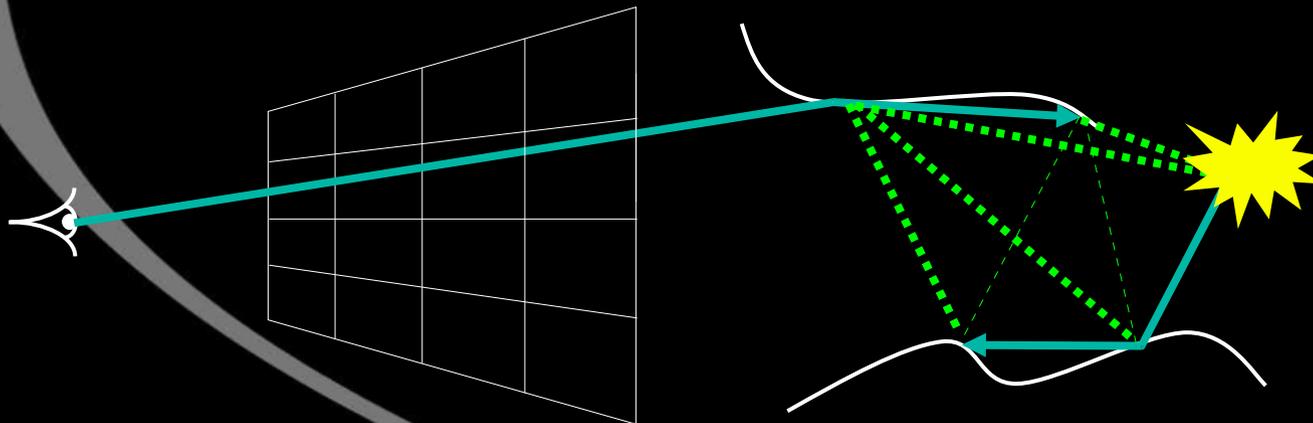
- Distributions directionnelles
- Reconstruction sur le maillage



# Méthodes de résolution (2/3)

## Stochastiques

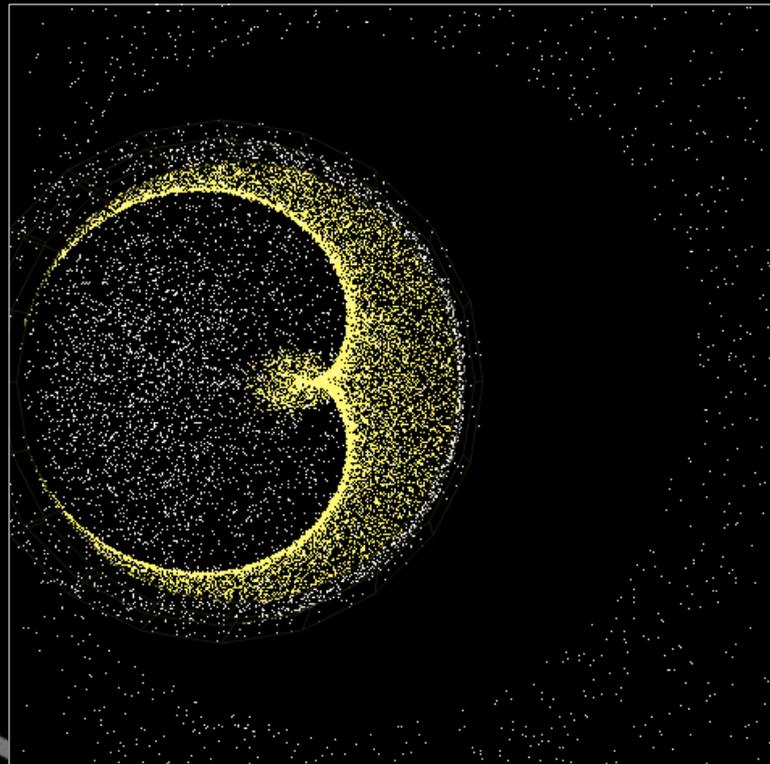
- **Construction de chemins lumineux**
  - Évaluation de la fonction d'éclairage
  - En espace image
  - Path-Tracing [*Kajiya 86*]
  - Bi-directional [*Lafortune93*]
  - Metropolis [*Veach97*]



# Méthodes de résolution (3/3)

## Stochastiques

- Estimation de densité
  - Espace objet [*Walter97*]
  - Espace image : Photon Map [*Jensen01*]



# Modes de représentation

- **Scalaire par élément ou par pixel**

⇒ Trop limité

- **Représentations directionnelles**

- **Harmoniques**

Sphériques

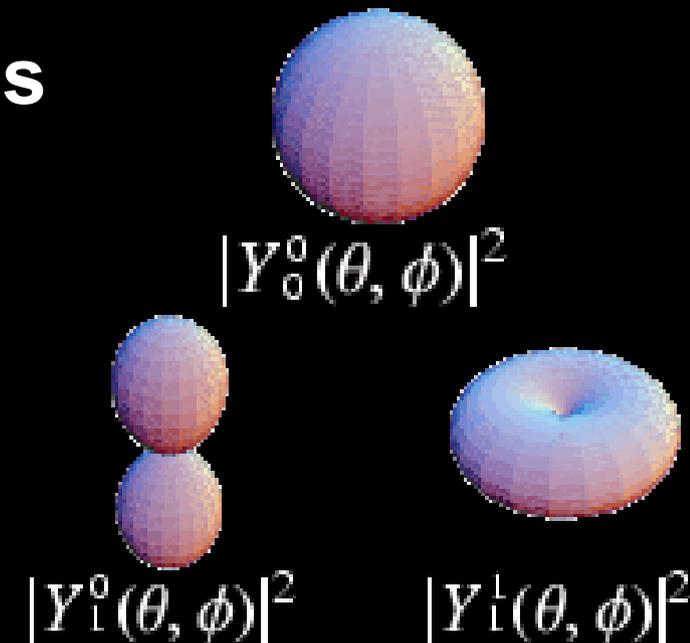
Hémisphériques [*Gautron 04*]

⇒ Base orthonormée

- **Ondelettes**

Représentation multi-résolution

- **Vecteurs lumineux** [*Zaninetti 98*]



# Structures d'accélération pour le Photon Map

- **Réduction du temps de calcul**
  - Mise en cache
- **Quantité**
  - Scalaire (Irradiance)  
*[Ward 88] [Christensen 00]*
  - Directionnelle  
Harmoniques *[Arikan 05]*
  - Vectorielle  
Vecteur lumineux

# Objectifs

## Nouvelle représentation

- **Indépendance : géométrie / matériaux**
  - Notion de direction
  - Energie incidente
- **Représentation de la fonction d'éclairage**
  - Simple et légère
  - Possibilité de contrôle [*Tabellion 04*]
  - Evolutivité vers la multi-résolution

# Solution retenue

- **Vecteur d'irradiance [Arvo 94]**

- direction incidente + énergie

- ⇒ Indépendant des matériaux

- ⇒ Indépendant de la géométrie

- **Octree**

- Information volumique

- Multi-résolution

# Plan

- **Travaux antérieurs**
- **Nouvelle représentation**
  - Algorithme
  - Notion de vecteur d'irradiance
  - Compression
- **Résultats**
- **Conclusion & travaux futurs**

# Algorithme en 3 étapes

## 1) Lancer de particules

⇒ Propagation de l'énergie lumineuse

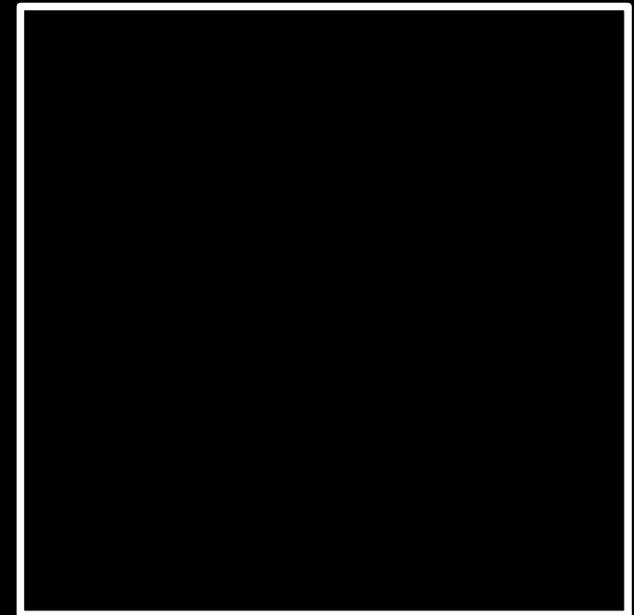
## 2) Construction d'octrees

Représenter la fonction d'éclairage

Indirect

Caustiques

## 3) Reconstruction du vecteur d'irradiance



# Algorithme en 3 étapes

## 1) Lancer de particules

⇒ Propagation de l'énergie lumineuse

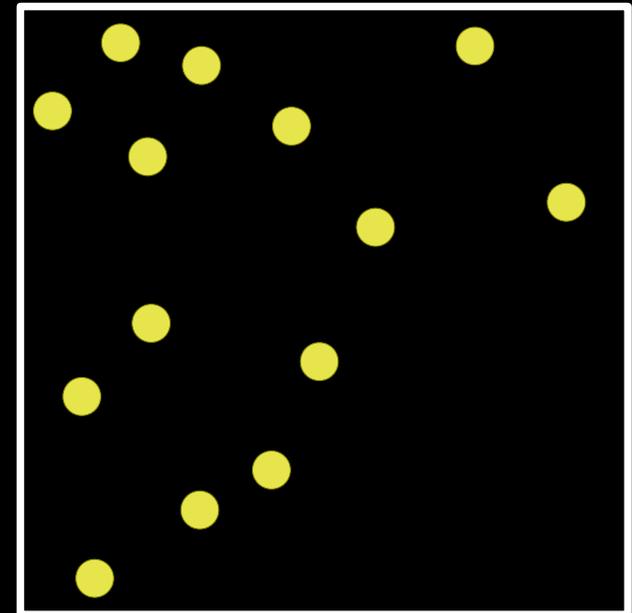
## 2) Construction d'octrees

Représenter la fonction d'éclairage

Indirect

Caustiques

## 3) Reconstruction du vecteur d'irradiance



# Algorithme en 3 étapes

## 1) Lancer de particules

⇒ Propagation de l'énergie lumineuse

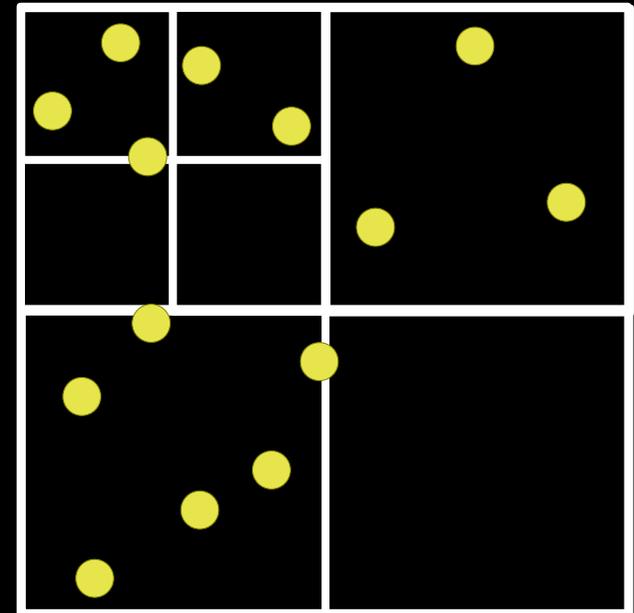
## 2) Construction d'octrees

Représenter la fonction d'éclairage

Indirect

Caustiques

## 3) Reconstruction du vecteur d'irradiance



# Algorithme en 3 étapes

## 1) Lancer de particules

⇒ Propagation de l'énergie lumineuse

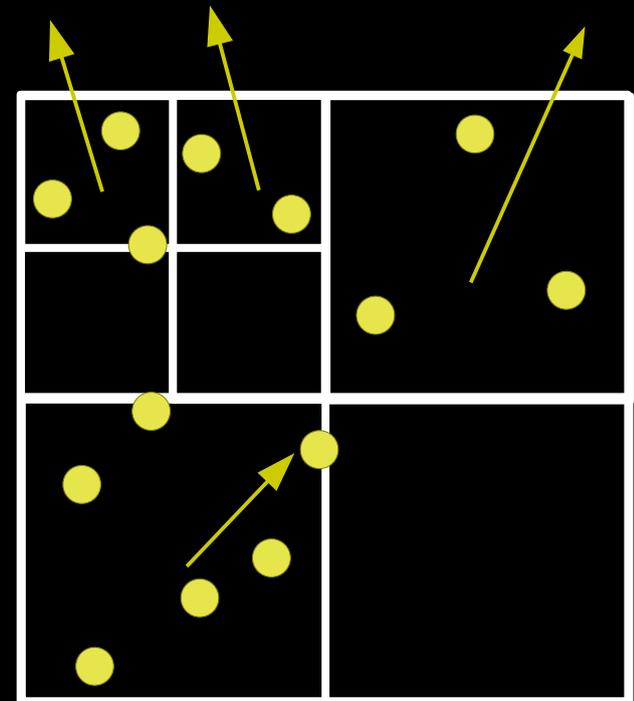
## 2) Construction d'octrees

Représenter la fonction d'éclairage

Indirect

Caustiques

## 3) Reconstruction du vecteur d'irradiance



# Algorithme en 3 étapes

## 1) Lancer de particules

⇒ Propagation de l'énergie lumineuse

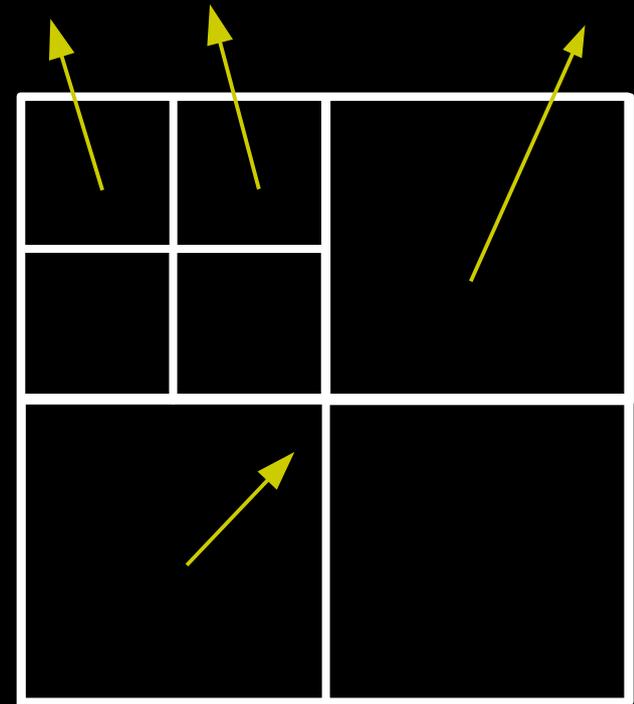
## 2) Construction d'octrees

Représenter la fonction d'éclairage

Indirect

Caustiques

## 3) Reconstruction du vecteur d'irradiance



# Construction de l'octree

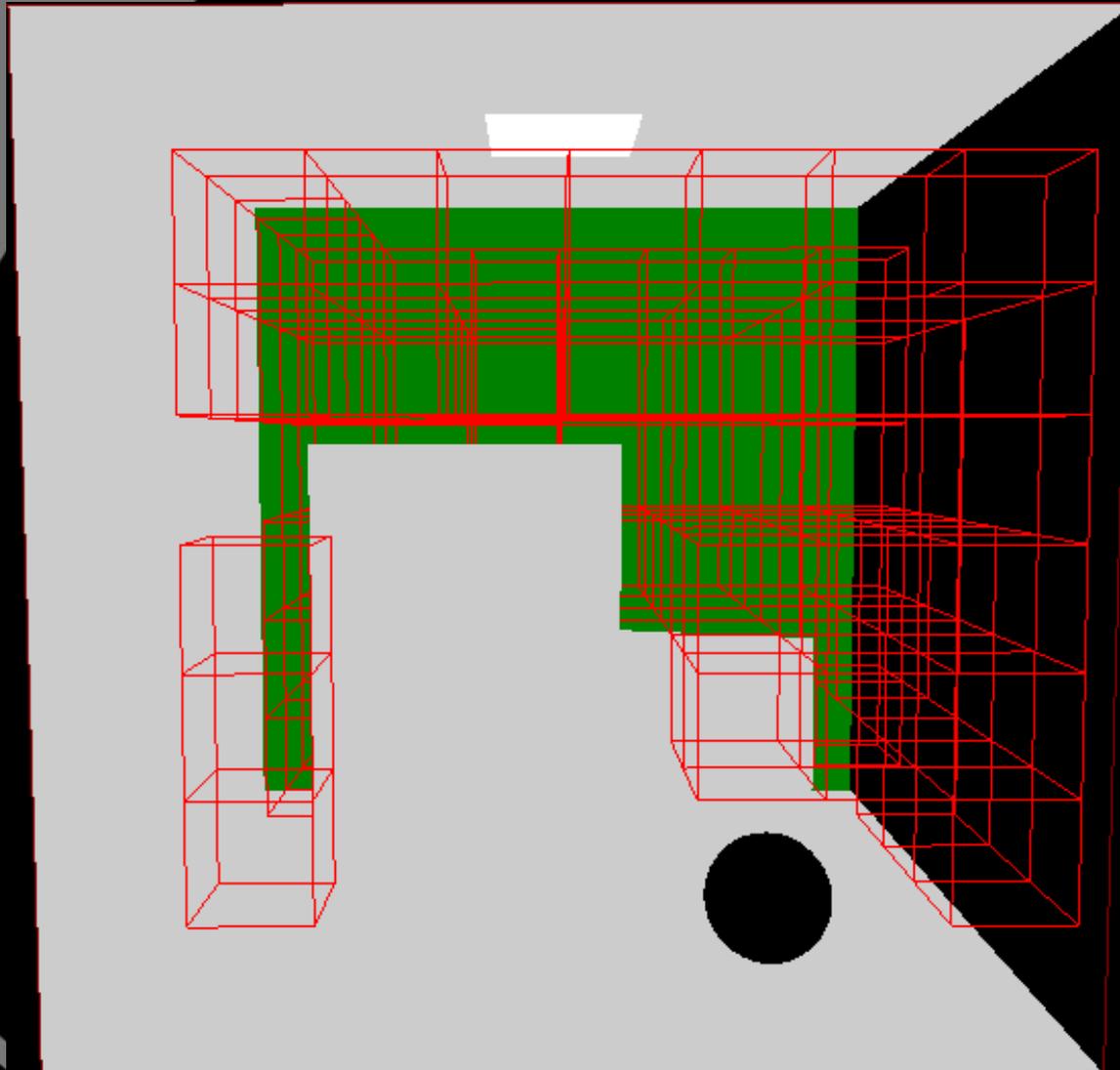
- **Paramètres**

- Profondeur maximale
- Nombre de photons (intervalle)
- $\varepsilon$ : facteur de lissage

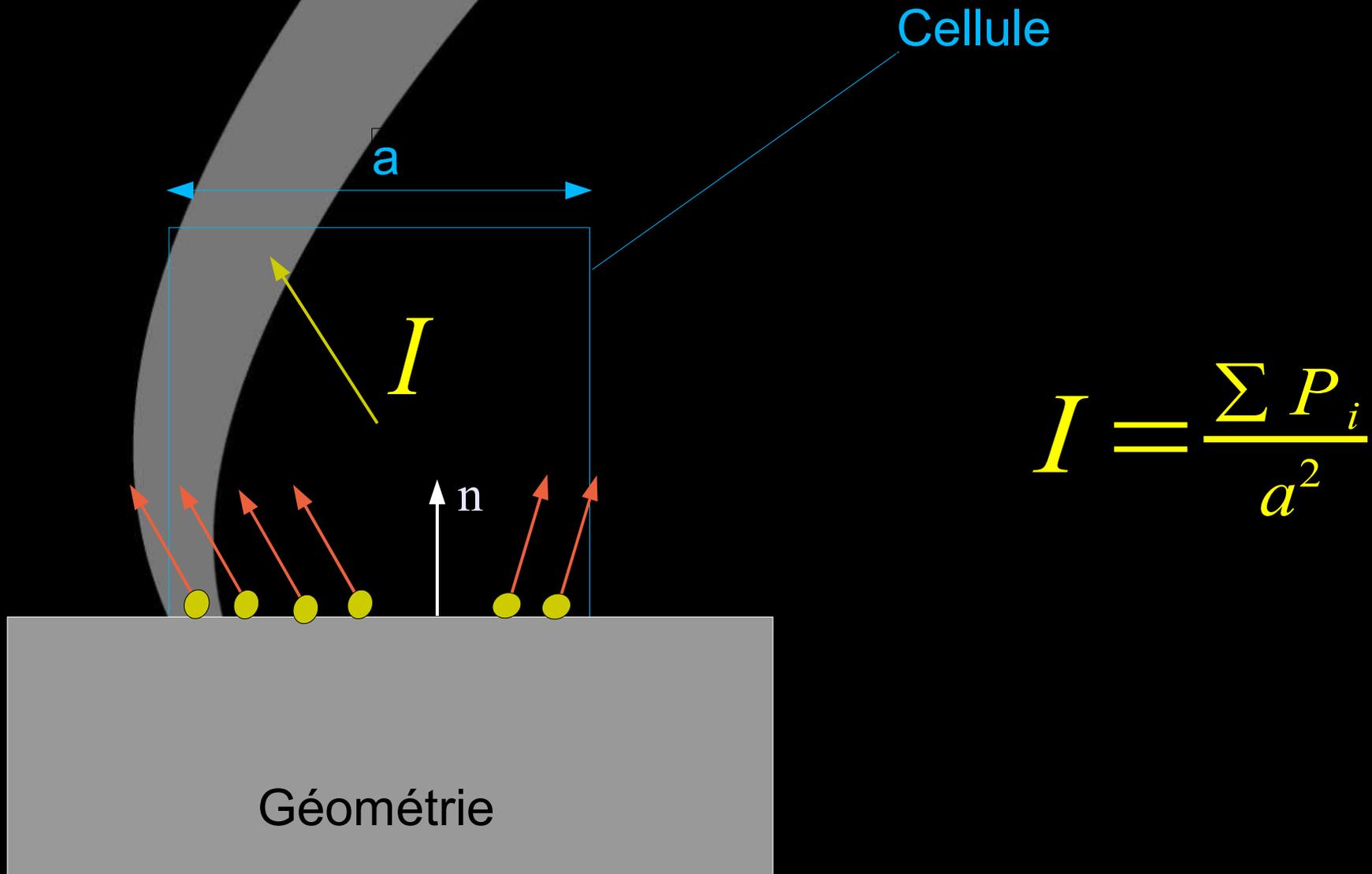
- **Cellules résultantes**

- Grandes : faible variation de l'éclairage
- Petites : forte variation de l'éclairage
- Spéciales dite atmosphériques

# Cellules atmosphériques



# Estimation du vecteur d'irradiance

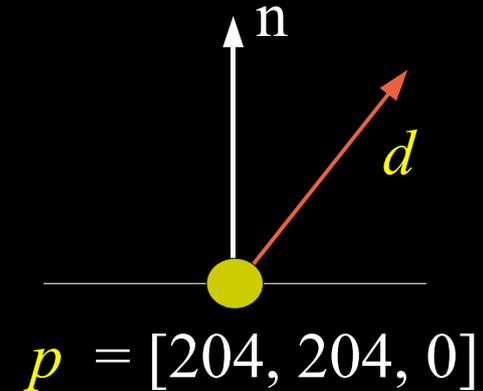


# Vecteur de puissance

- **Photon (impact)**

- $d$  : direction incidente
- $p$  : puissance colorée

$$\Rightarrow p = [p_R, p_G, p_B]$$



- **Vecteur de puissance ( $P$ )**

- Défini pour une portion de surface
- Intensité + direction
- Stocké sous forme matricielle

$$P = d \cdot p^T$$

# Vecteur d'irradiance : $I$

- **Grandeur matricielle**
  - Pour une portion de surface (normale)
- **Une colonne par composante (R,V,B)**
- **Une colonne = direction \* puissance**

$$I \cdot \text{normale} = \text{Irradiance}$$

⇒ **Robuste aux changements  
locaux de géométrie**

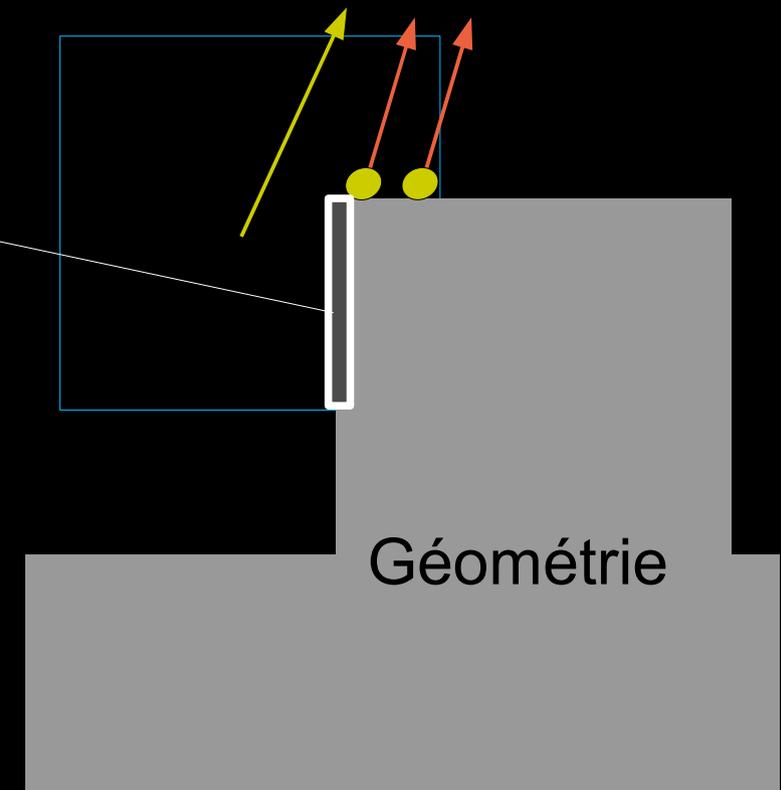
# Stockage du vecteur d'irradiance

- **Non compressé : 36 octets**
- **Produit de deux vecteurs : 24 octets**
  - $p$  : normes des colonnes de  $I$
  - $d$  : minimisation de :  $(I - d.p^T)^2$
  - ⇒ Solution analytique
- **Compression : 6 octets**
  - 3 flottants couleurs ⇒ 4 octets RGBE [Ward 91]
  - 3 flottants direction ⇒ 2 octets

# Carte d'irradiance (1 vecteur)



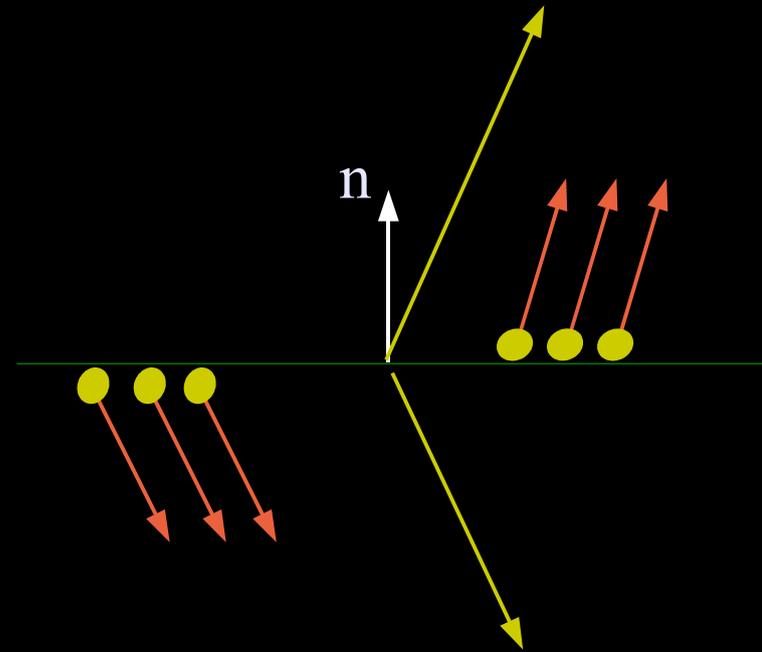
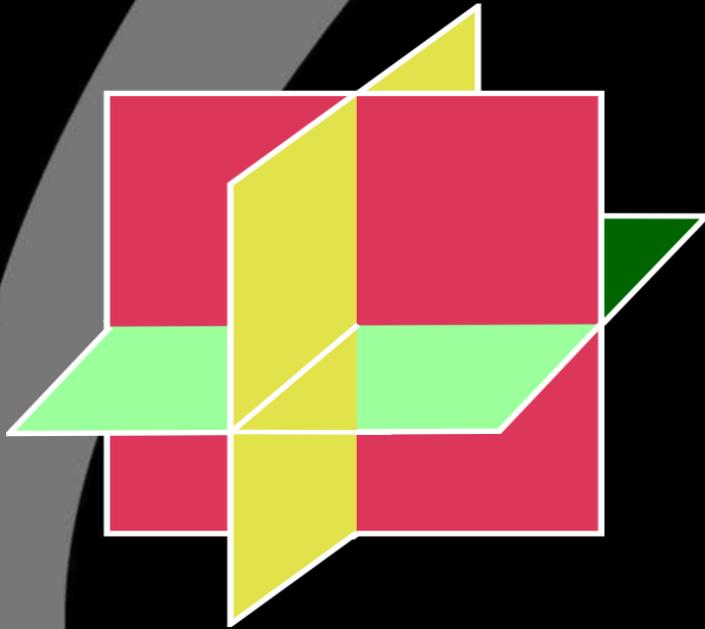
Débordement



Géométrie

# 6 vecteurs d'irradiance

- 6 normales de références (3 plans)



- **Vecteur d'irradiance pour une normale**
    - Interpolation entre les 6 valeurs
    - Calcul extrêmement simple et rapide
- Sans fonction de haut de niveau

# Carte d'irradiance



# Irradiance par pixel

- **Calcul de l'irradiance au point intersecté**

- Calcul des vecteurs d'irradiance voisins

Pour la normale intersectée

- Interpolation des vecteurs

Reconstruction continue

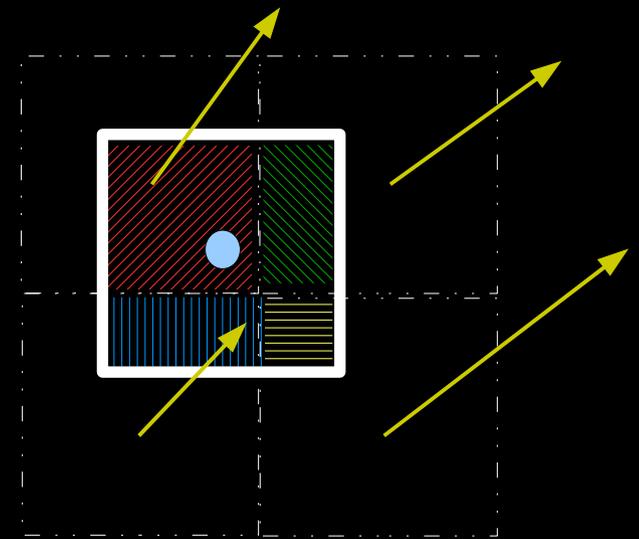
- Produit scalaire avec la normale

- **Interpolation**

- Vecteurs d'irradiance

- Volume d'interrogation fixe

- $I = w_1 I_1 + w_2 I_2 + w_3 I_3 + w_4 I_4$



# Plan

- **Travaux antérieurs**
- **Nouvelle représentation**
- **Résultats**
  - Évaluation de notre représentation
- **Conclusion et travaux futurs**

# Méthodologie d'évaluation

## Objectifs

- **Cohérence de notre solution**
  - pour l'irradiance indirecte diffuse
- **Structures de cache pour le Photon Map**
  - Stockent un scalaire : irradiance
  - Irradiance calculée avec la carte globale
- **Même nombre d'échantillons**
  - Continuité de la reconstruction
  - Temps total (reconstruction + visualisation)
  - Occupation mémoire

# Comparaison avec Ward

## Notre technique



- Construction : 1.18s
- Visu : 14.87s
- 269 Ko

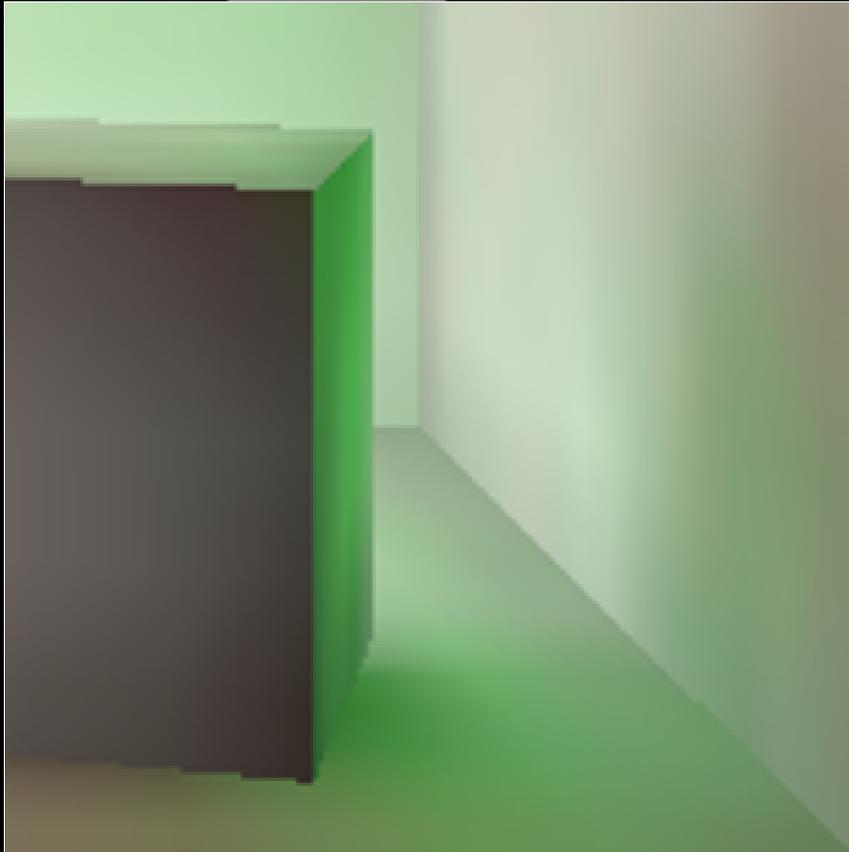
## Ward



- Construction : 14.42s
- Visu : 19.83s
- 9242 Ko

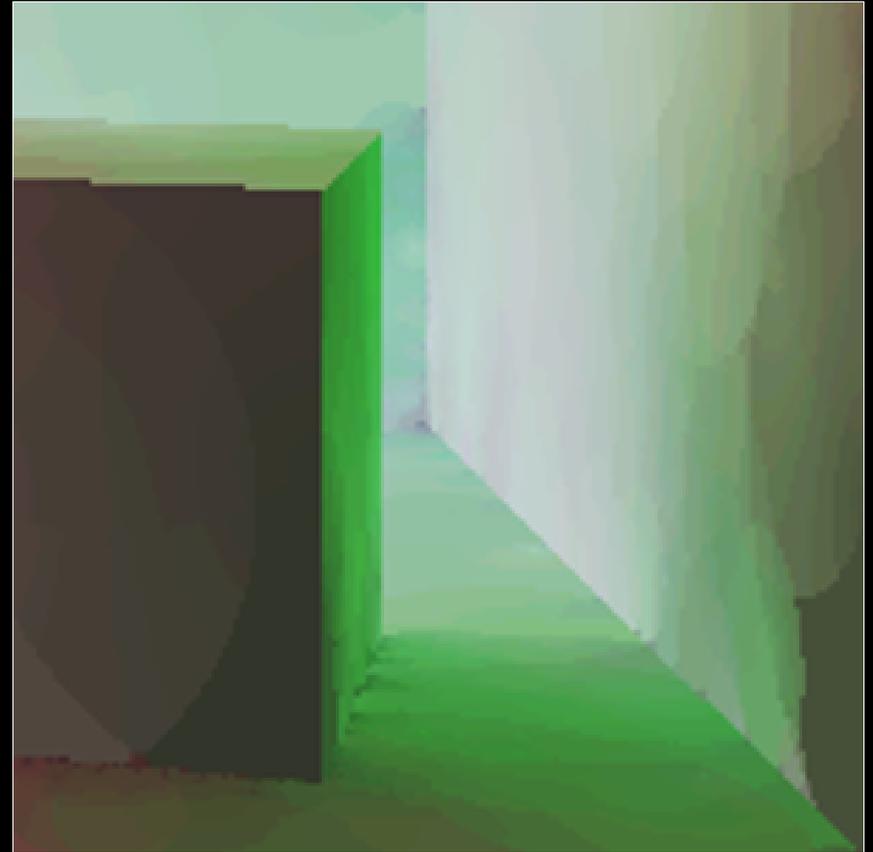
# Comparaison avec Ward

## Notre technique



- Construction : 1.18s
- Visu : 14.87s
- 269 Ko

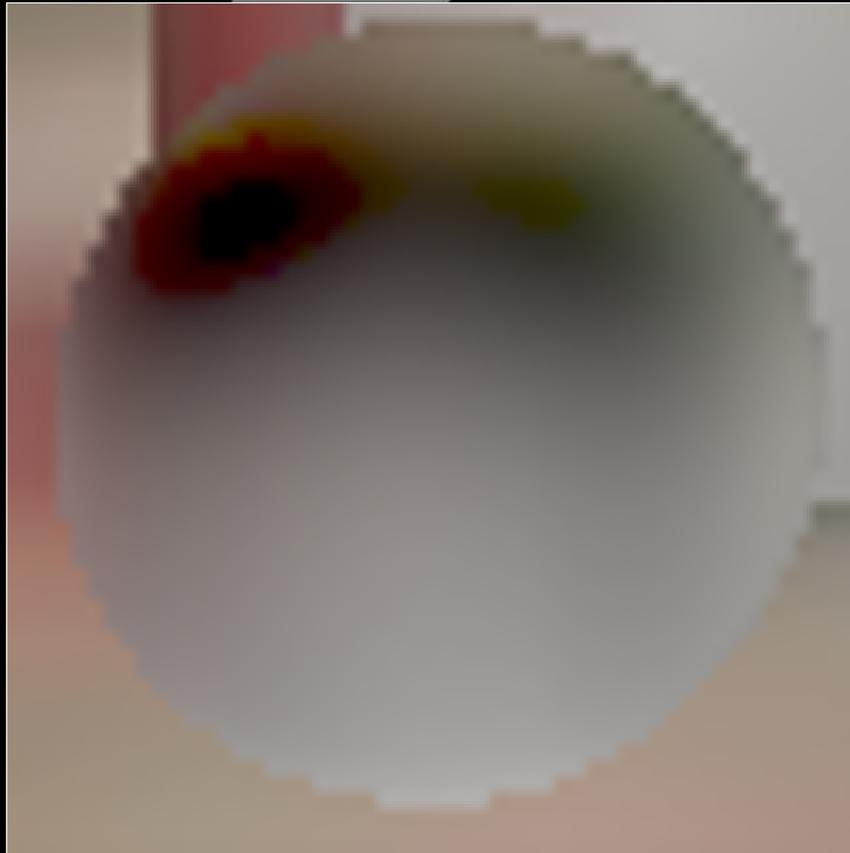
## Ward



- Construction : 14.42s
- Visu : 19.83s
- 9242 Ko

# Comparaison avec Ward

## Notre technique



- Construction : 1.18s
- Visu : 14.87s
- 269 Ko

## Ward



- Construction : 14.42s
- Visu : 19.83s
- 9242 Ko

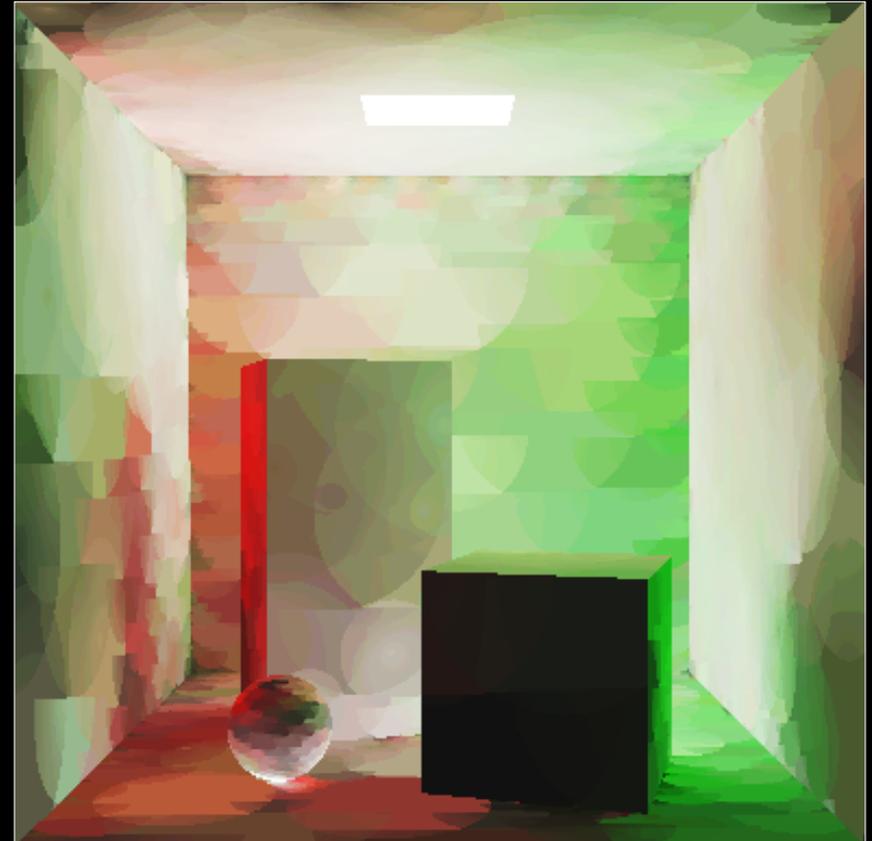
# Comparaison avec Christensen

## Notre technique



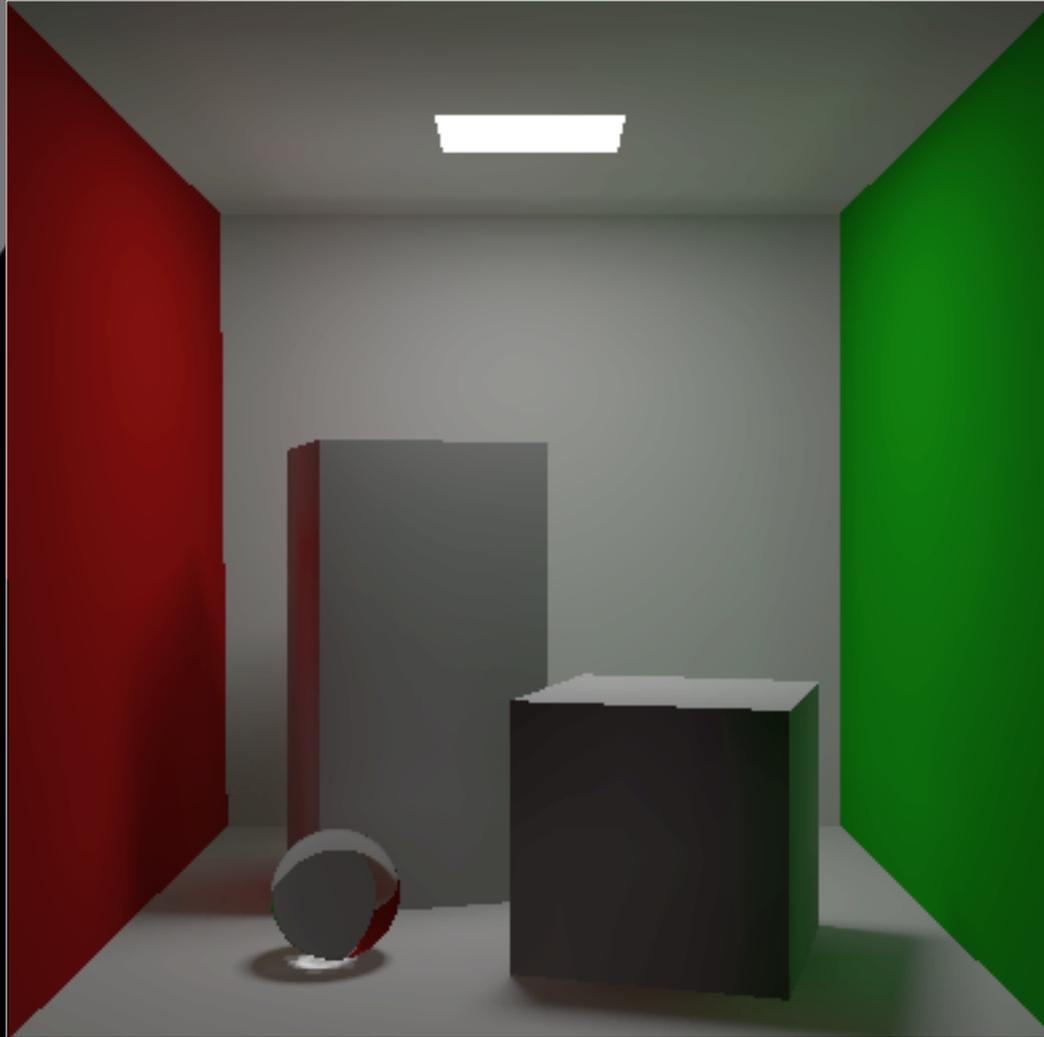
- Construction : 1.18s
- Visu : 14.87s
- 269 Ko

## Christensen

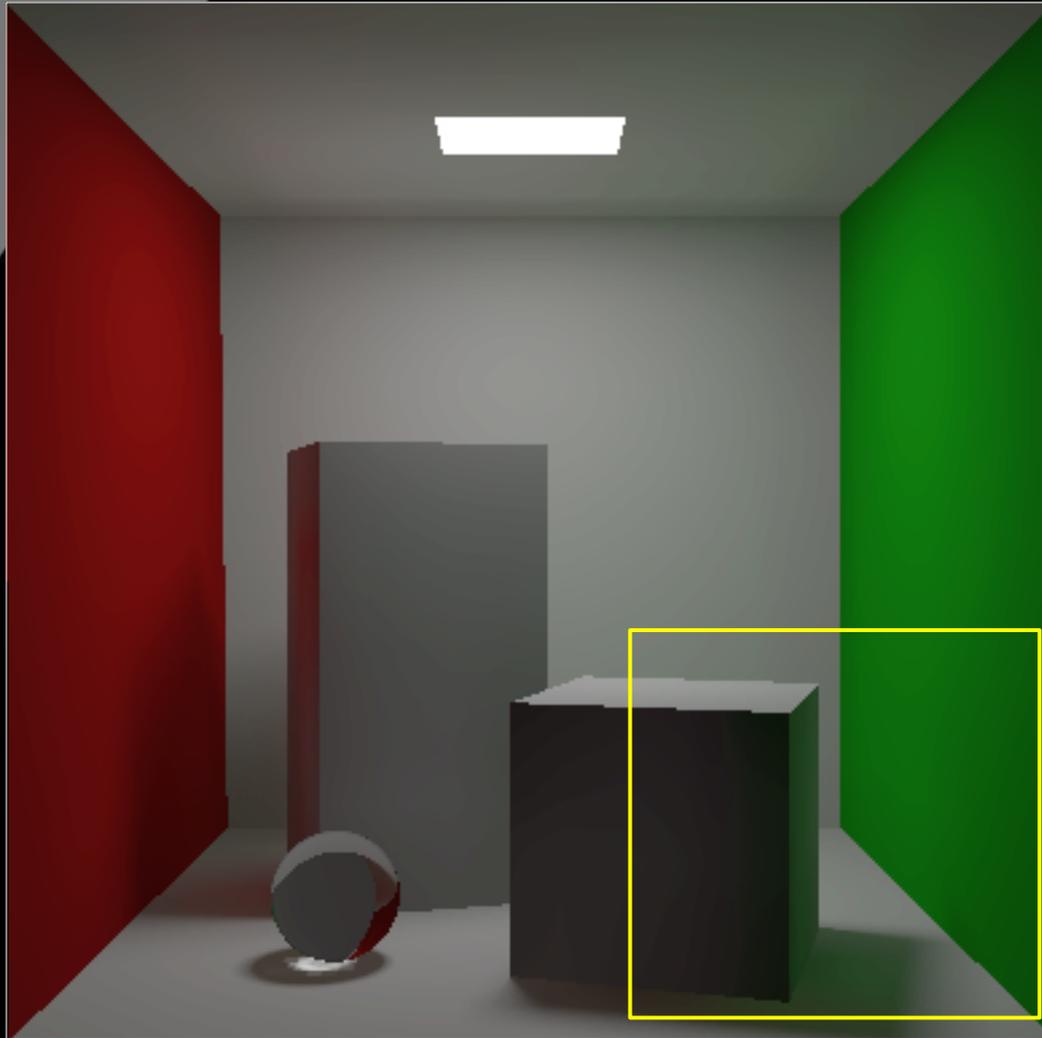


- Construction : 3.89s
- Visu : 22.84s
- 9242 Ko

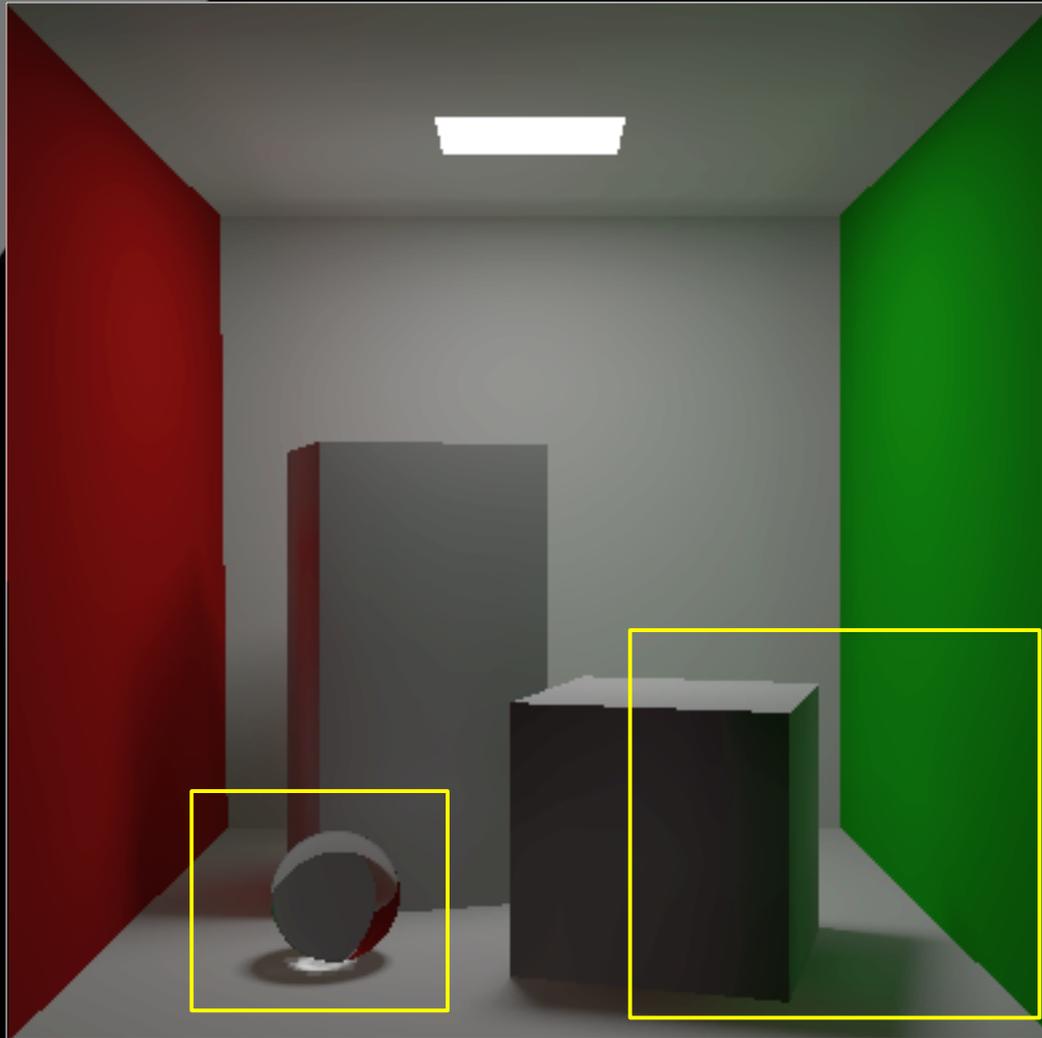
# Reconstruction finale



# Reconstruction finale



# Reconstruction finale



# Variations locales de la géométrie



11 000 triangles



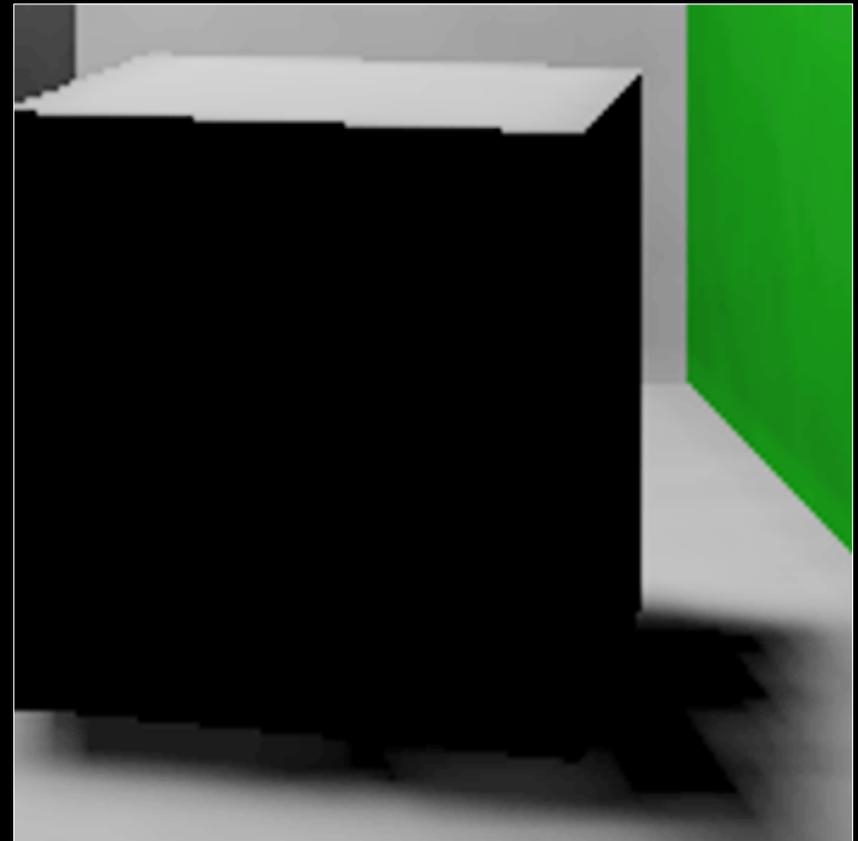
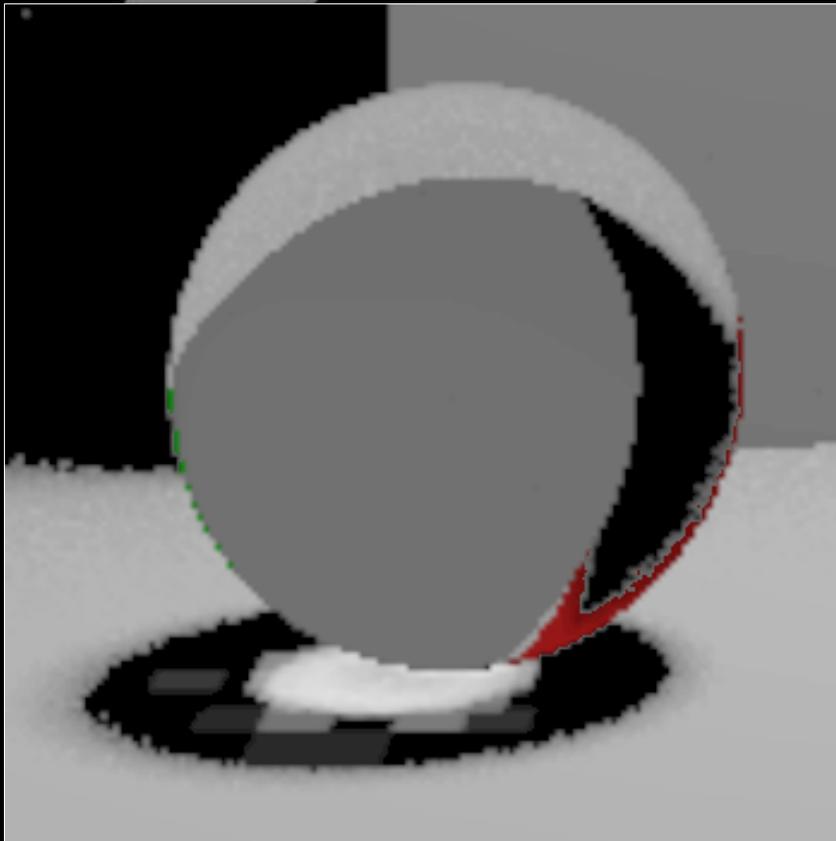
871 000 triangles

# Conclusion

- **Représentation combinant direction et intensité**
- **Structure performante pour l'éclairage indirect diffus**
  - Robuste
    - aux variations locales de géométrie
    - aux variations des matériaux
  - Extension possible pour le *glossy* faible
  - Rapidité de construction et d'utilisation
  - Faible occupation mémoire

# Travaux futurs

- **Améliorations nécessaires**
  - Phénomènes de haute fréquence



# Travaux futurs

- **Reconstruction**

- Calcul d'aire équivalente

- **Diffusion**

- Multi-résolution

- ⇒ Transfert progressif de l'éclairage

- Plongement de géométrie et déplacement

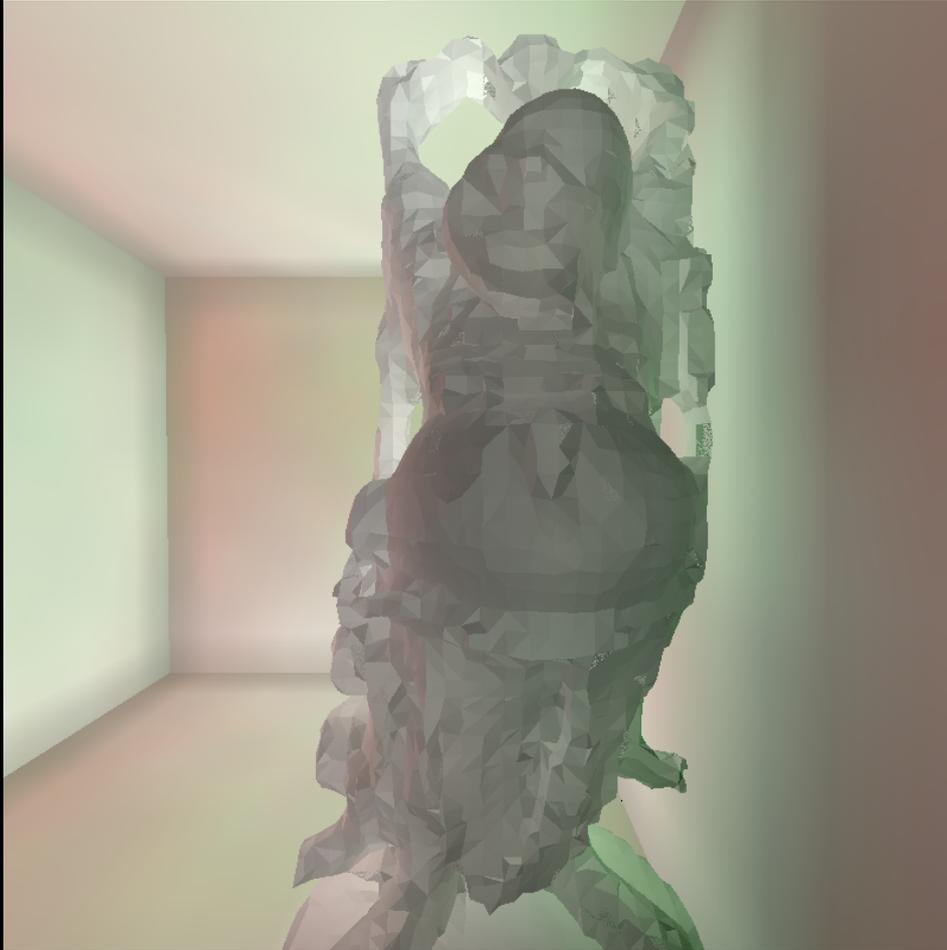
- Implémentation sur GPU

- Édition de l'éclairage

- Changement local des vecteurs d'irradiance

- Maintenance de la cohérence

# Questions ?



**Merci de votre attention**