

***Tour d'horizon de la théorie et
des techniques pour l'éclairage
global***

Séance 1

- Pourquoi l'éclairage global ?
- Généralités
- Méthodes déterministes
- Intégration probabiliste

Séance II

- Méthodes stochastiques
- Méthodes hybrides
- L'éclairage global aujourd'hui

Éclairage local

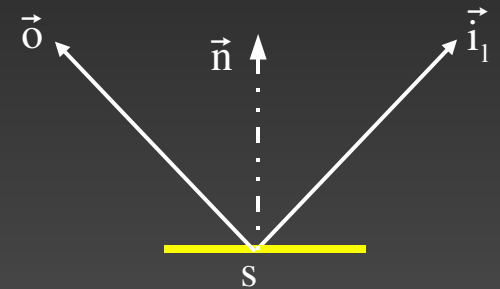
➤ Équation

$$L(\mathbf{s}, \vec{\mathbf{o}}) = L_p + L_a + \sum_1 \rho(\mathbf{s}, \vec{\mathbf{o}}, \vec{\mathbf{i}}_1) \langle \vec{\mathbf{i}}_1 \cdot \vec{\mathbf{n}} \rangle L_1$$

➤ Exemples

↳ OpenGL

↳ Lancer de rayon simple



Éclairage indirect



Éclairage indirect

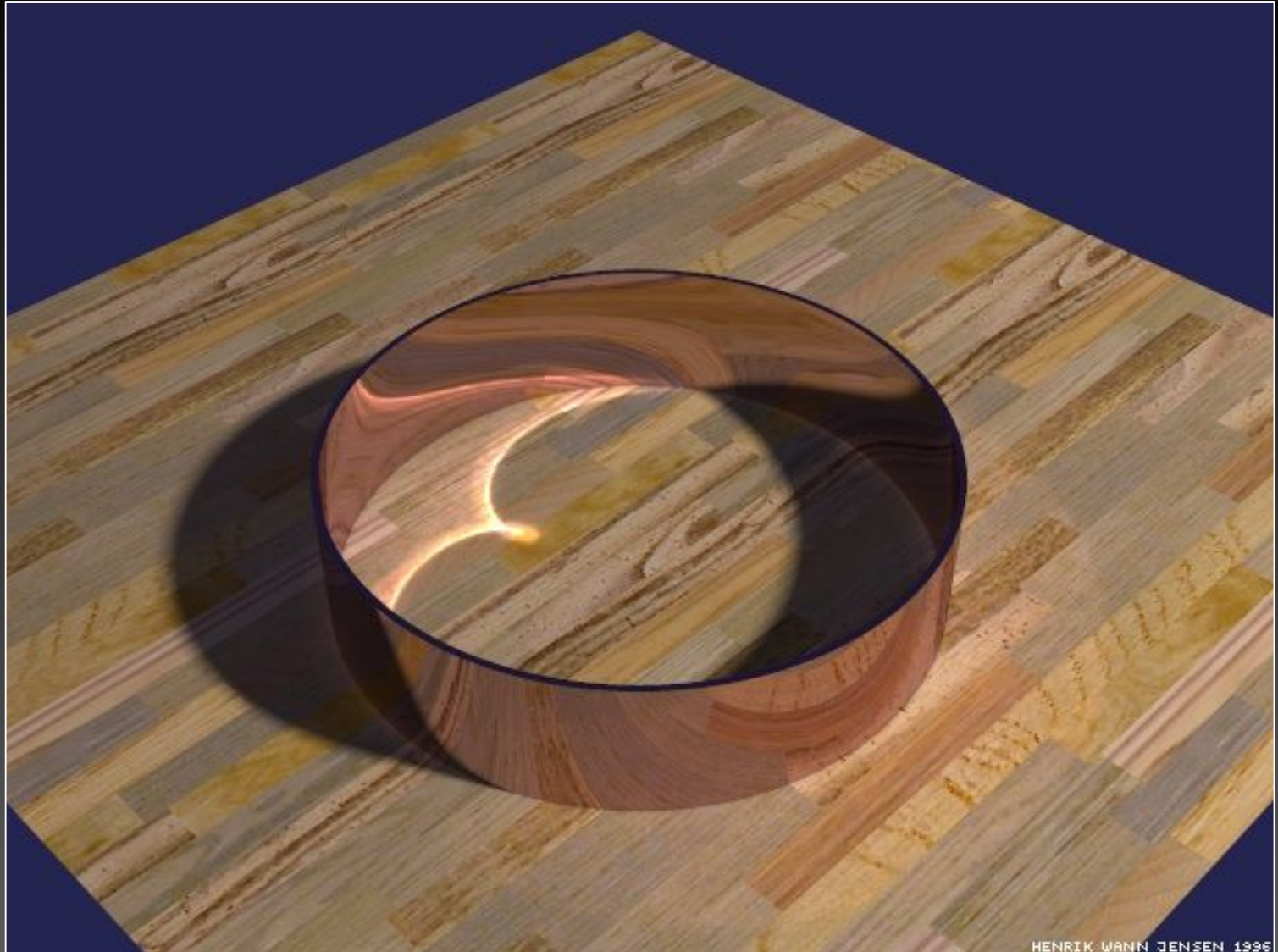


Caustiques



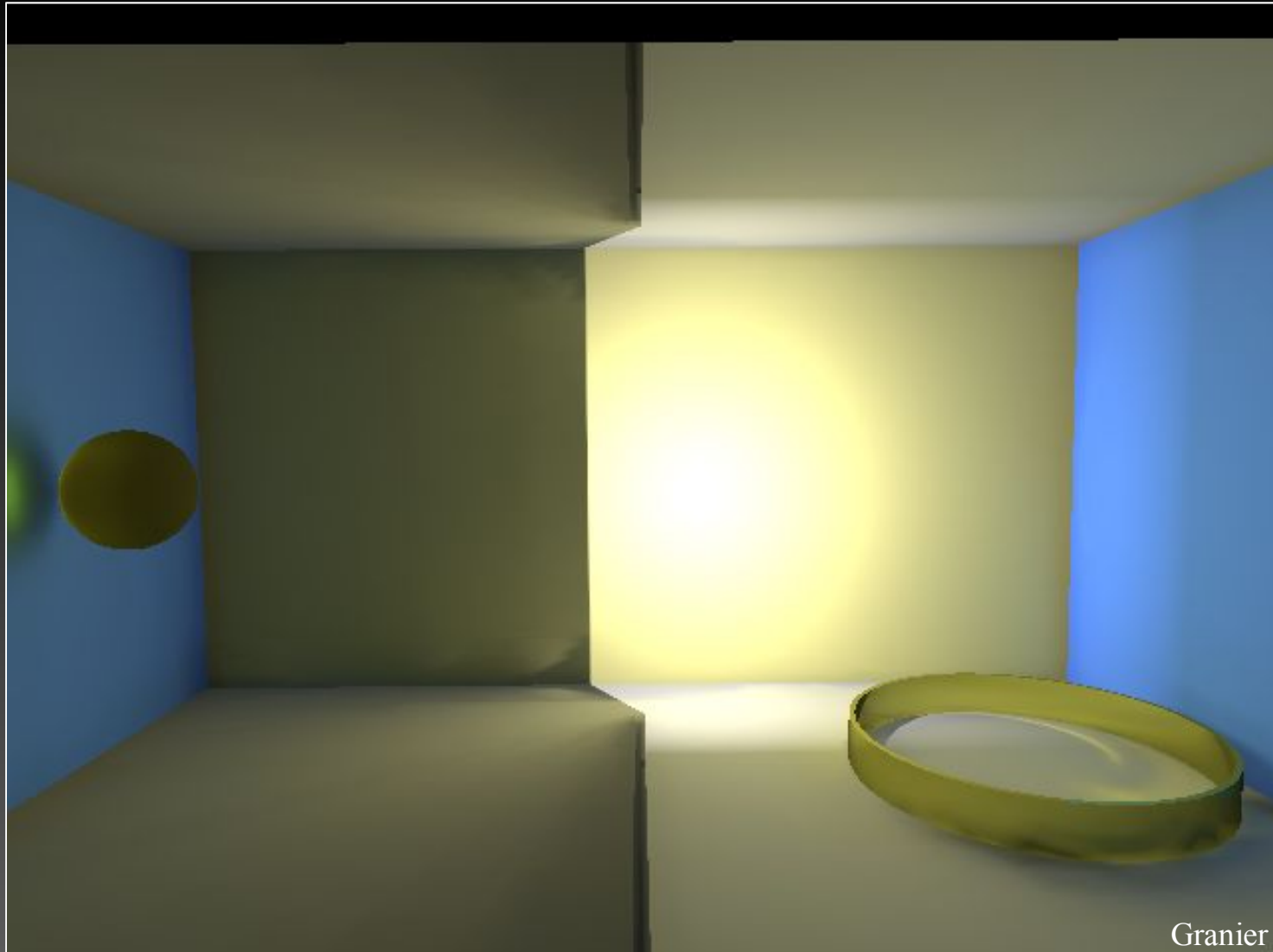
HENRIK WANN JENSEN 1995

Caustiques



HENRIK WANN JENSEN 1996

Éclairage indirect



Granier

Ombres douces



Herf

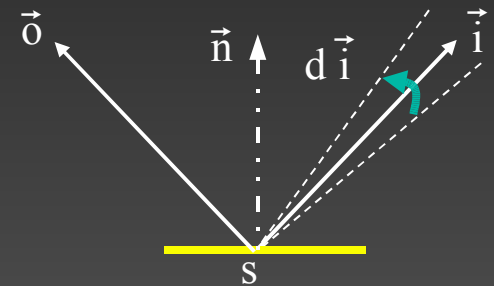
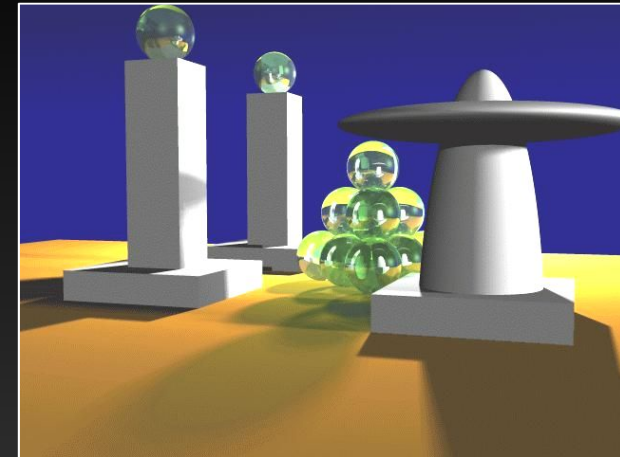
Équation du rendu [Kajiya86]

➤ Hypothèses

- ↳ Équilibre lumineux
- ↳ Une longueur d'onde

➤ Énergie émise ($\text{W.m}^{-2}.\text{sr}^{-1}$)

- ↳ Énergie propre
- ↳ Énergie réfléchie

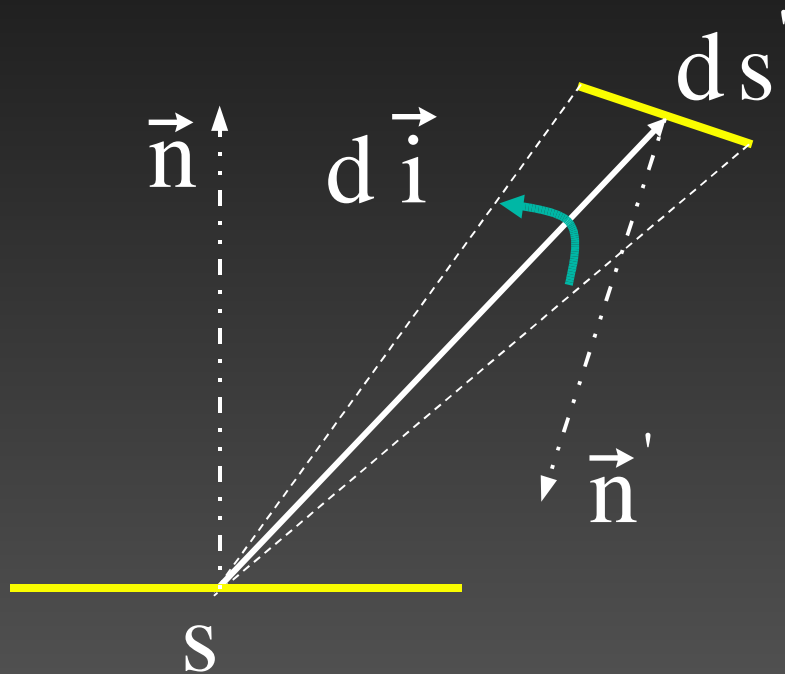


$$L(s, \vec{o}) = L_p(s, \vec{o}) + \int_{\Omega} \rho(s, \vec{o}, \vec{i}) \langle \vec{i} \cdot \vec{n} \rangle L_i(s, \vec{i}) d\vec{i}$$

Équation du rendu (2)

$$L(\mathbf{s}, \vec{\mathbf{o}}) = L_p(\mathbf{s}, \vec{\mathbf{o}}) + \int_{\Omega} \rho(\mathbf{s}, \vec{\mathbf{o}}, \vec{\mathbf{i}}) \langle \vec{\mathbf{i}} \cdot \vec{\mathbf{n}} \rangle L_i(\mathbf{s}, \vec{\mathbf{i}}) d\vec{\mathbf{i}}$$

➤ Basé sur les valeurs de radiance



$$L_i(\mathbf{s}, \vec{\mathbf{i}}) = L(\mathbf{s}', -\vec{\mathbf{i}})$$

$$d\vec{\mathbf{i}} = \frac{\langle -\vec{\mathbf{i}} \cdot \vec{\mathbf{n}}' \rangle}{\|\mathbf{s} - \mathbf{s}'\|^2} V(\mathbf{s}, \mathbf{s}') d\mathbf{s}'$$

$$G(\mathbf{s}, \mathbf{s}') = \frac{\langle \vec{\mathbf{i}} \cdot \vec{\mathbf{n}} \rangle \langle -\vec{\mathbf{i}} \cdot \vec{\mathbf{n}}' \rangle}{\|\mathbf{s} - \mathbf{s}'\|^2} V(\mathbf{s}, \mathbf{s}')$$

$$L(\mathbf{s}, \vec{\mathbf{o}}) = L_p(\mathbf{s}, \vec{\mathbf{o}}) + \int_S \rho(\mathbf{s}, \vec{\mathbf{o}}, \vec{\mathbf{i}}) G(\mathbf{s}, \mathbf{s}') L(\mathbf{s}', -\vec{\mathbf{i}}) d\mathbf{s}'$$

Notion de flux

- Énergie : Watt
- Flux sortant
 - ↳ Énergie totale émise
- Flux entrant
 - ↳ Énergie totale reçue

$$\Phi_S = \int_S \int_{\Omega} L(s, \vec{\omega}) \langle \vec{n} \cdot \vec{\omega} \rangle d\vec{\omega} ds$$

Chemins lumineux [Heckbert90]

➤ Expression régulière $L(D|S)^*E$

↪ L = source de lumière

↪ S = réflexion directionnelle (spéculaire)

↪ D = réflexion diffuse (lambertienne)

↪ E = point de vue

$$\rho(s, \vec{o}, \vec{i}) = \rho_d(s) + \rho_d(s, \vec{o}, \vec{i})$$

Hypothèse diffuse [Goral84]

➤ Indépendance à la direction de réflexion

➤ Notion de radiosité (W.m^{-2})

$$B(s) = \int_{\Omega} L(s, \vec{\omega}) \langle \vec{n} \cdot \vec{\omega} \rangle d\vec{\omega} = \pi L(s)$$

➤ Nouvelle équation

$$B(s) = B_p(s) + \mathfrak{R}_d(s) \int_s \frac{G(s, s')}{\pi} B(s') ds'$$

➤ Albedo $\mathfrak{R}_d(s) = \int_{\Omega} \rho_d(s) \langle \vec{n} \cdot \vec{\omega} \rangle d\vec{\omega} = \pi \rho_d(s)$

Équation matricielle [Goral84]

➤ Équation matricielle

$$B_i = B_{i,p} + \mathfrak{R}_{i,d} \sum_j F_{i,j} B_j$$

➤ Facteur de forme

$$F_{i,j} = \frac{1}{A_i} \int_{S_i} \int_{S_j} \frac{G(s_i, s_j)}{\pi} ds_i ds_j \simeq f_{i,j} v_{i,j}$$

➤ Équation

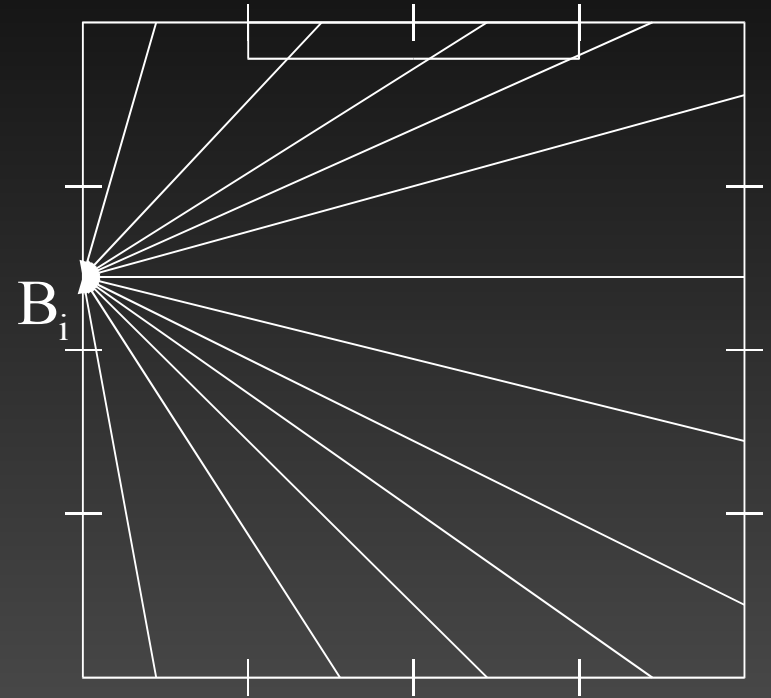
$$T = \begin{bmatrix} \mathfrak{R}_{1,d} F_{1,1} & \mathfrak{R}_{1,d} F_{1,2} & - & \mathfrak{R}_{1,d} F_{1,n-1} & \mathfrak{R}_{1,d} F_{1,n} \\ \mathfrak{R}_{2,d} F_{2,1} & \mathfrak{R}_{2,d} F_{2,2} & - & \mathfrak{R}_{2,d} F_{2,n-1} & \mathfrak{R}_{2,d} F_{2,n} \\ - & - & - & - & - \\ \mathfrak{R}_{n-1,d} F_{n-1,1} & \mathfrak{R}_{n-1,d} F_{n-1,2} & - & \mathfrak{R}_{n-1,d} F_{n-1,n-1} & \mathfrak{R}_{n-1,d} F_{n-1,n} \\ \mathfrak{R}_{n,d} F_{n,1} & \mathfrak{R}_{n,d} F_{n,2} & - & \mathfrak{R}_{n,d} F_{n,n-1} & \mathfrak{R}_{n,d} F_{n,n} \end{bmatrix}$$

$$B = B_p + TB = B_p + TB_p + T^2 B = e^T B_p$$

Collecte (Gather)

➤ Jacobi

$$B_i^{(k+1)} = B_{i,p} + \sum_j \mathcal{R}_{i,d} F_{i,j} B_j^{(k)}$$



➤ Gauss-Seidel

$$B_i^{(k+1)} = B_{i,p} + \sum_{j < i} \mathcal{R}_{i,d} F_{i,j} B_j^{(k+1)} + \sum_{j \geq i} \mathcal{R}_{i,d} F_{i,j} B_j^{(k)}$$

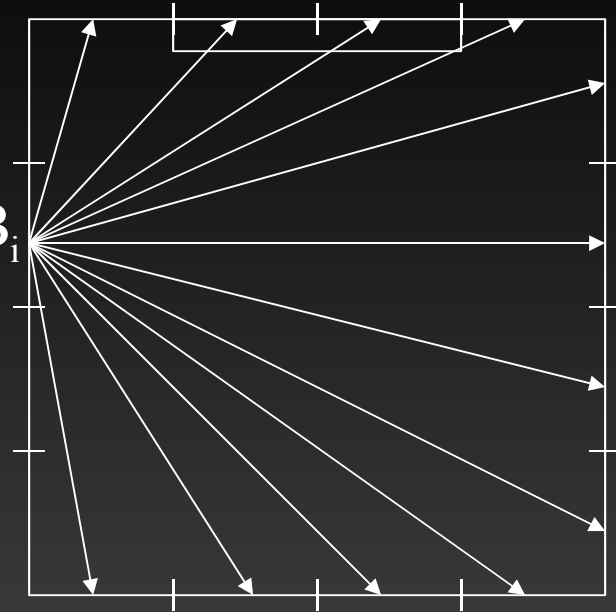
Envoie(Shooting) / Progressif

- Un seul élément à la fois

$$\Downarrow \mathbf{B}_j^{(k+1)} = \mathbf{B}_j^{(k)} + \mathfrak{R}_j \mathbf{F}_{ji} \Delta \mathbf{B}_i$$

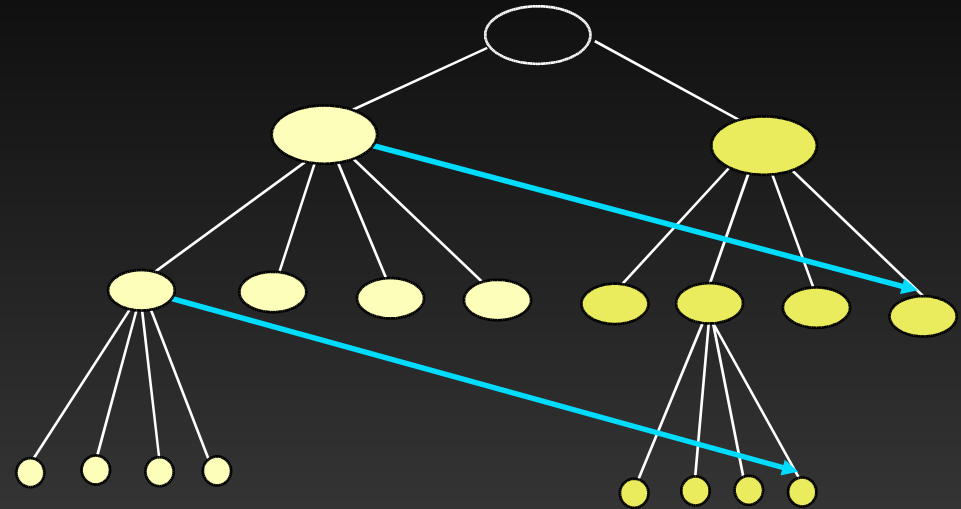
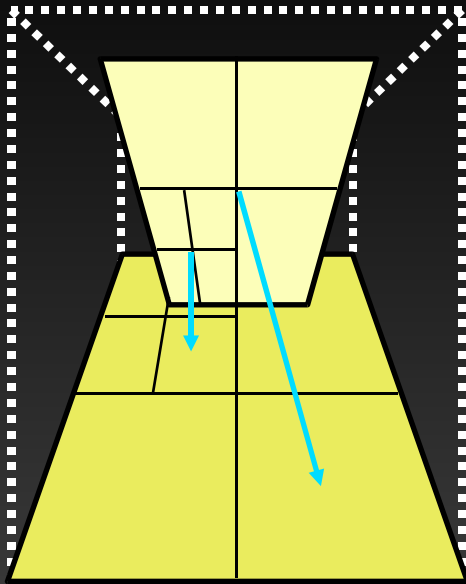
$$\Downarrow \Delta \mathbf{B}_i = \mathbf{B}_j^{(k)} - \mathbf{B}_j^{(k-1)}$$

$$\Downarrow \mathbf{B}_j^{(0)} = \Delta \mathbf{B}_j = \mathbf{B}_{j,p}$$



- Énergie distribuée progressivement en partant des sources de lumières
- Ajout d'un terme ambient pour correction

Radiosité hiérarchique [Hanrahan]

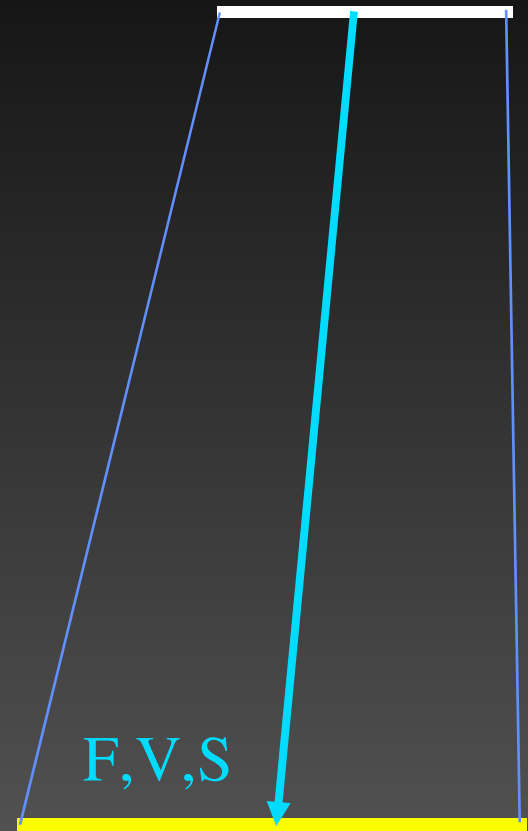


- Échanges à différents niveau
- Regroupement

[Smith94, Sillion95, Christensen97, Willmot99]

Liens

- Représente un échange
 - ↳ Stocké sur le récepteur
- Garde les informations
 - ↳ Visibilité
 - ↳ Facteur de forme
 - ↳ Émetteur
- Partitionnement des échanges lumineux



Une itération

➤ Raffinement

↳ Création de liens

↳ Calcul de facteur de forme

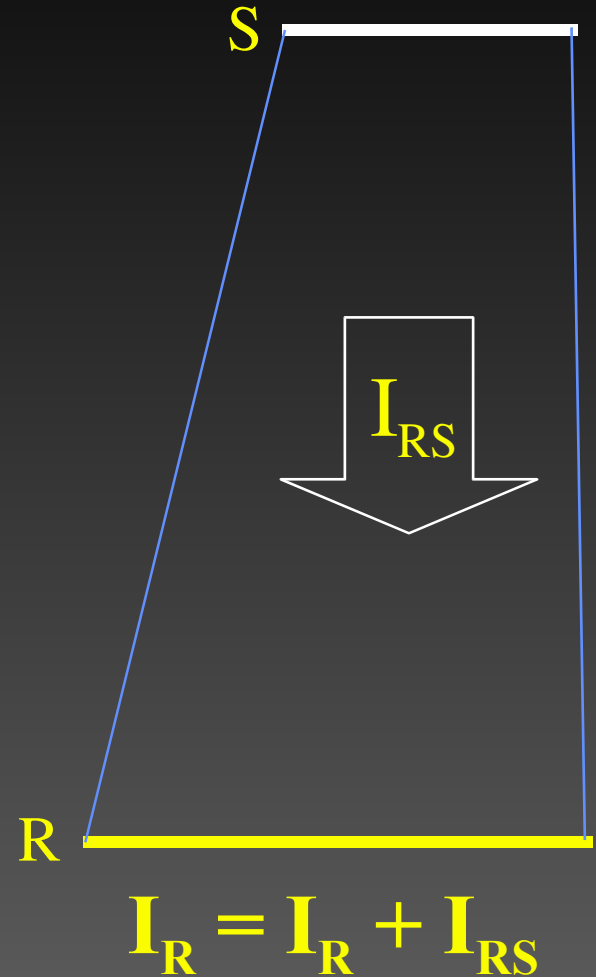
↳ Calcul de visibilité

➤ Transfert d'énergie

↳ Pour chaque liens

$$\text{↳ } I_{RS} = F_{RS} V_{RS} B_S$$

➤ Mise à jour hiérarchique (Push-Pull)



Mise à jour hiérarchique

- Somme des énergies sur les feuilles

$$I_{\text{feuille}} = \sum_{p \in \text{parents}} I_p$$

- Réflexion

$$B_{\text{feuille}} = \mathcal{R}_{\text{feuille}, d} I_{\text{feuille}}$$

- Mise à jour hiérarchique

$$B_i = \frac{1}{A_i} \sum_{f \in \text{fils}(i)} A_f B_f$$

Avantages et Inconvénients

➤ En général

- + Solutions indépendantes du point de vue
- Basé sur un maillage
- Seulement diffuse

➤ Hiérarchique

- + Partition des échanges lumineux
 - ↳ Mise à jour hiérarchique
- + Traitement des scènes complexes
- Coût mémoire

Aujourd'hui

➤ Extensions

- ↳ Cas directionnel : encore plus de mémoire
- ↳ Cas temporel : idem

➤ Utilisation

- ↳ Principalement : radiosité progressive
- ↳ Simplicité de mise en oeuvre
- ↳ Reste très peu utilisé

Intégration de Monte Carlo

➤ Intégration classique (Lebesgue)

$$I = \int_D f(\mathbf{x}) d\mu(\mathbf{x}) \simeq \sum_{i=1}^n \alpha_i f(\mathbf{x}_i)$$

➤ Convergence en $O(n^{-r})$

↳ Simpson $r=4$ si f est C^4

➤ Erreur en $O\left(n^{-\frac{r}{d}}\right)$

↳ d est la dimension de l'espace

➤ Éclairage globale : dimension infinie

Définitions

➤ Échantillons aléatoires $\{X_i\}$

➤ Estimateur
$$I_n = \sum_{i=1}^n \alpha_i f(X_i)$$

➤ Biais
$$\text{biais} = E[I_n] - I$$

➤ Estimateur sans biais
$$I_n = \sum_{i=1}^n \frac{1}{n} \frac{1}{p(X_i)} f(X_i)$$

Convergence

➤ Variance

$$V[I_n] = V[I_n^2] - V[I_n]^2 = \frac{1}{n} V[I_1]$$

➤ Écart-type

$$\sigma[I_n] = \sqrt{V[I_n]}$$

➤ Convergence

$$\sigma[I_n] = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma[I_1]$$

➤ Choix de la densité de probabilité

$$p(X) = \frac{1}{I} f(X) \Rightarrow V[I_n] = 0$$

Séance II

- Méthodes stochastiques
- Méthodes hybrides
- L'éclairage global aujourd'hui

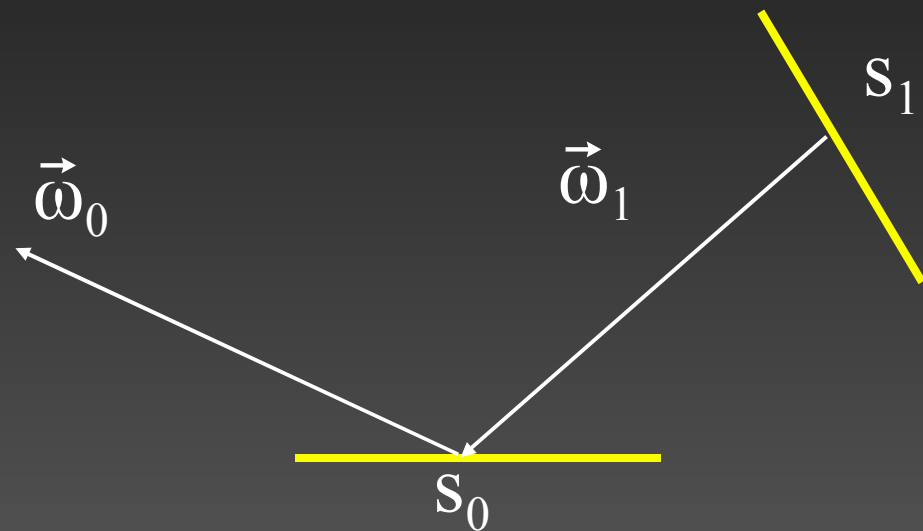
Équation du rendu

➤ Rappel

↳ Équilibre lumineux

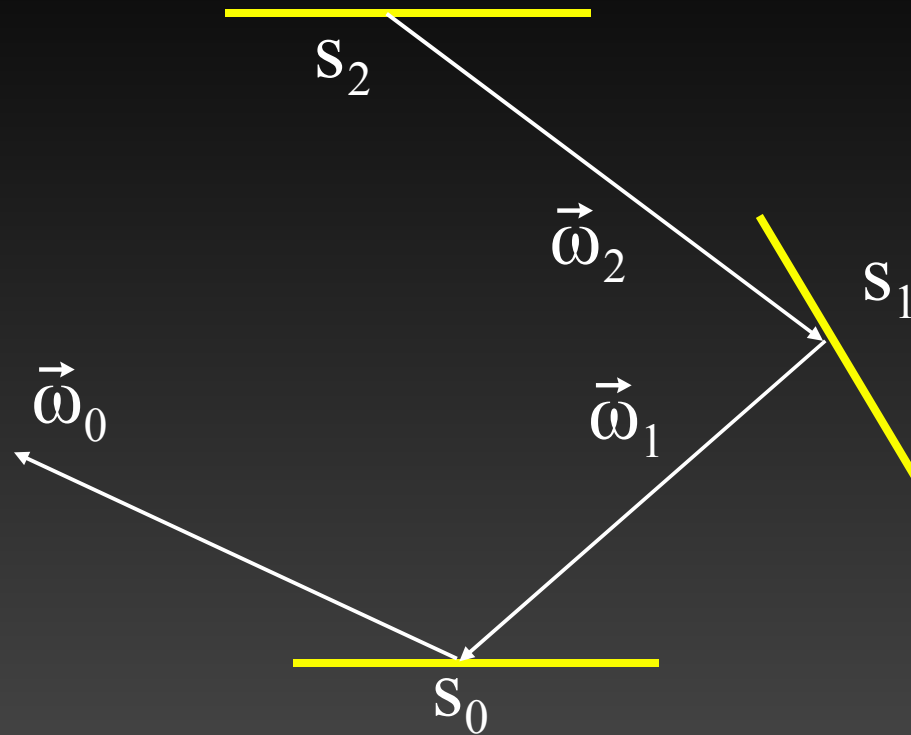
↳ Une longueur d'onde

↳ $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$



$$L(s_0, \vec{\omega}_0) = L_p(s_0, \vec{\omega}_0) + \int_S \rho(s_0, \vec{\omega}_0, -\vec{\omega}_1) G(s_0, s_1) L(s_1, \vec{\omega}_1) ds_1$$

Propagation



$$\begin{aligned} L(s_0, \vec{\omega}_0) &= L_p(s_0, \vec{\omega}_0) + \int_{\mathcal{S}} \rho(s_0, \vec{\omega}_0, -\vec{\omega}_1) G(s_0, s_1) L_p(s_1, \vec{\omega}_1) ds_1 \\ &+ \int_{\mathcal{S}} \int_{\mathcal{S}} \rho(s_0, \vec{\omega}_0, -\vec{\omega}_1) G(s_0, s_1) \rho(s_1, \vec{\omega}_1, -\vec{\omega}_2) G(s_1, s_2) L(s_2, \vec{\omega}_2) ds_1 ds_2 \end{aligned}$$

Dimension du problème

- Dimension infinie
 - ↳ Multiples réflexions
- Méthodes déterministes
 - ↳ Convergence en $O(n^{-r/d})$
- Utilisation de méthodes stochastiques
 - ↳ Convergence en $O(n^{-1/2})$

Rappel : Estimateur sans biais

➤ Échantillons aléatoires $\{X_i\}$

➤ Estimateur
$$I_n = \sum_{i=1}^n \alpha_i f(X_i)$$

➤ Biais
$$\text{biais} = E[I_n] - I$$

➤ Estimateur sans biais
$$I_n = \sum_{i=1}^n \frac{1}{n} \frac{1}{p(X_i)} f(X_i)$$

Convergence

➤ Variance

$$V[I_n] = V[I_n^2] - V[I_n]^2 = \frac{1}{n} V[I_1]$$

➤ Écart-type

$$\sigma[I_n] = \sqrt{V[I_n]}$$

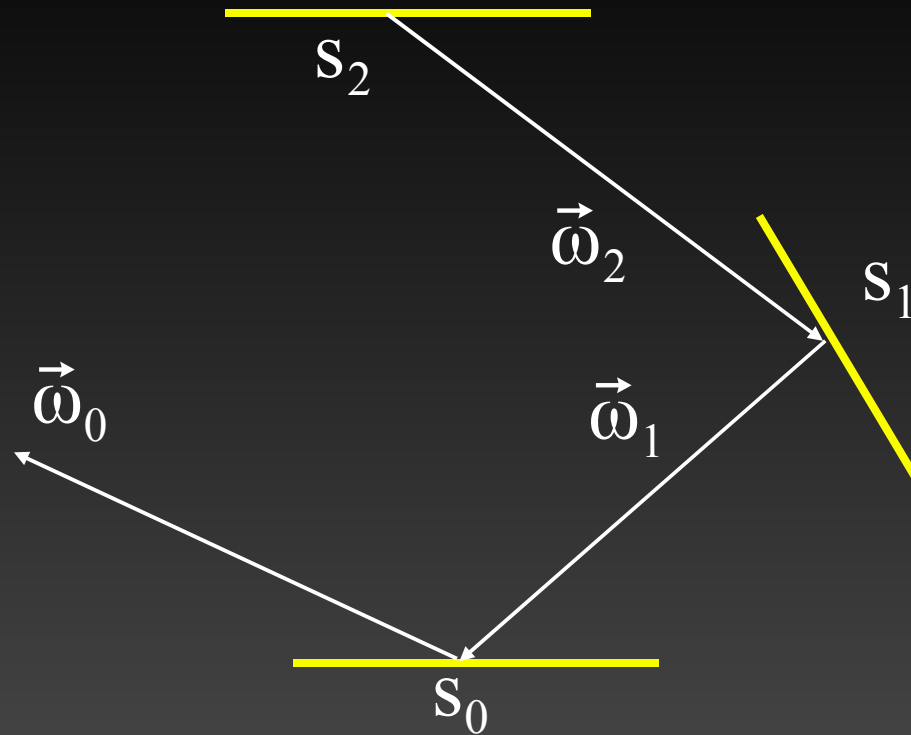
➤ Convergence

$$\sigma[I_n] = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma[I_1]$$

➤ Choix de la densité de probabilité

$$p(X) = \frac{1}{I} f(X) \Rightarrow V[I_n] = 0$$

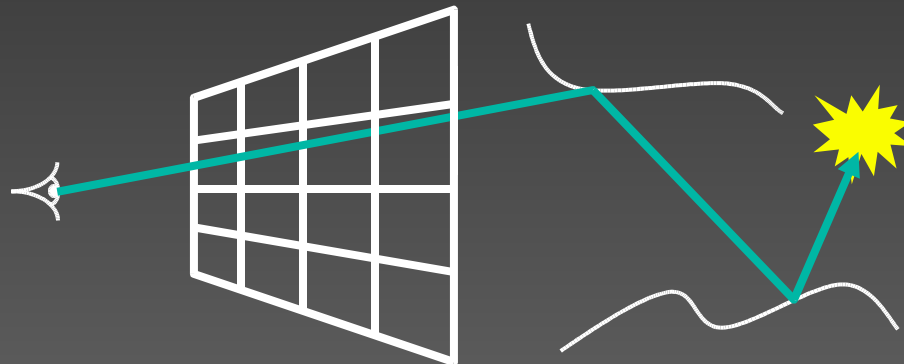
Propagation



$$\begin{aligned} L(s_0, \vec{\omega}_0) &= L_p(s_0, \vec{\omega}_0) + \int_{\mathcal{S}} \rho(s_0, \vec{\omega}_0, -\vec{\omega}_1) G(s_0, s_1) L_p(s_1, \vec{\omega}_1) ds_1 \\ &+ \int_{\mathcal{S}} \int_{\mathcal{S}} \rho(s_0, \vec{\omega}_0, -\vec{\omega}_1) G(s_0, s_1) \rho(s_1, \vec{\omega}_1, -\vec{\omega}_2) G(s_1, s_2) L(s_2, \vec{\omega}_2) ds_1 ds_2 \end{aligned}$$

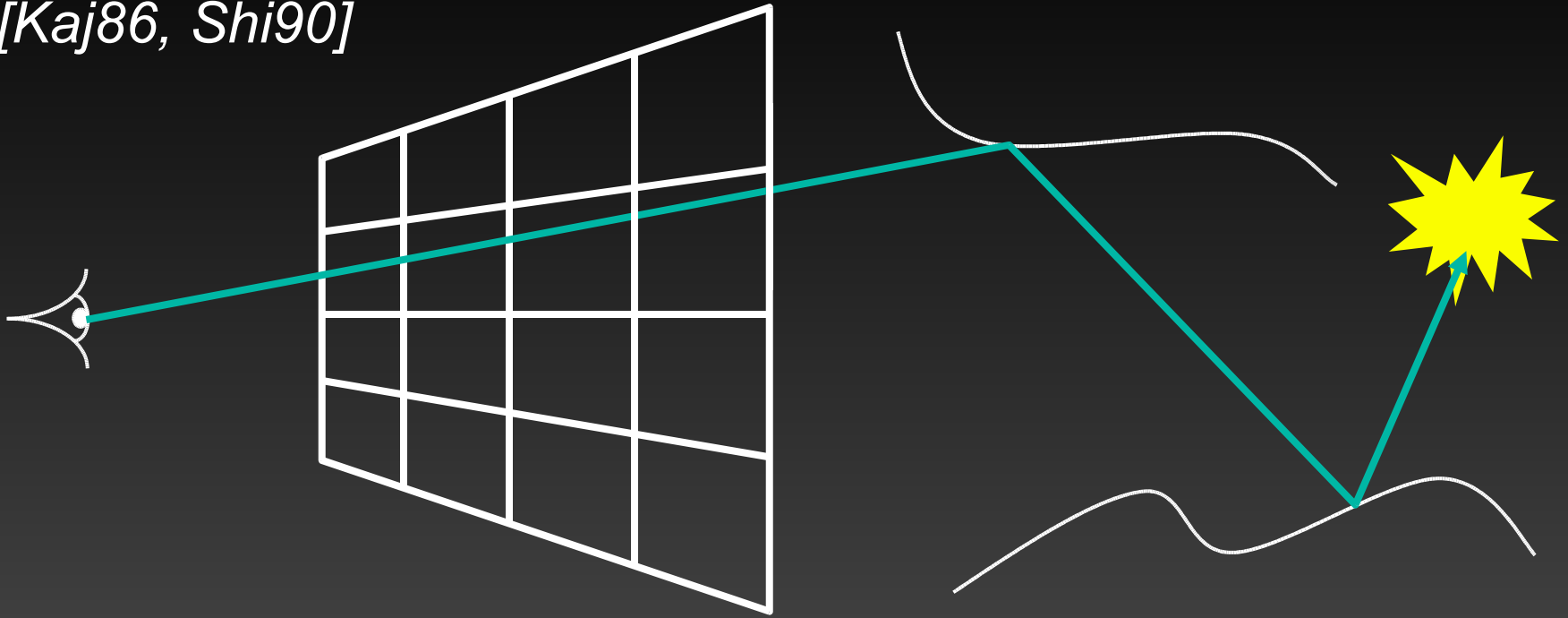
Application à l'éclairage

- Basée sur l'équation du rendu
- Échantillons probabilistes
 - ↳ Chemins lumineux, rayons, particules, ...
- Propagation stochastiques
 - ↳ Propriété de réflexion comme densité de probabilité



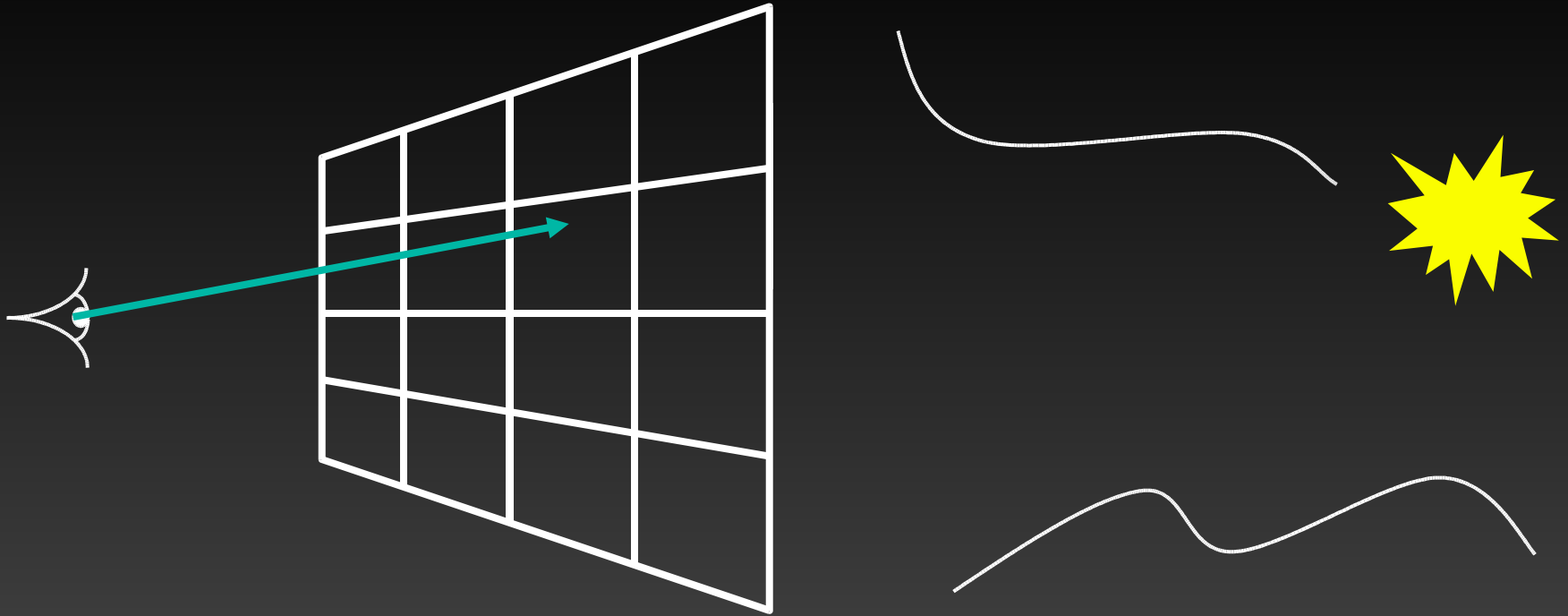
Lancer de rayons

[Kaj86, Shi90]



$$\mathbf{L}_{i,j} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \left(\mathbf{L}_p(\mathbf{s}_0, -\vec{\omega}_0) + \sum_{i=1}^{d_k} \left(\prod_{m=1}^i \frac{\rho(\mathbf{s}_{m-1}, \vec{\omega}_{m-1}, \vec{\omega}_m) \langle \vec{\omega}_{m-1} \cdot \vec{\mathbf{n}}_{m-1} \rangle}{p(\vec{\omega}_m)} \right) \mathbf{L}_p(\mathbf{s}_i, -\vec{\omega}_i) \right)$$

Lancer de rayons : émission



- Échantillonnage uniforme d'un pixel
 - ↳ Envoie de n rayons à partir de l'oeil
- Une direction par pixel
 - ↳ Lancer de rayons distribué

Propagation

➤ Réfléchir selon le matériau

$$p(\vec{\omega}_1/\vec{\omega}_{1-1}) \simeq \rho(s_{1-1}, \vec{\omega}_{1-1}, \vec{\omega}_1) \langle \vec{\omega}_{1-1} \cdot \vec{n}_{1-1} \rangle$$

➤ Arrêt quand absorption

↳ Roulette Russe

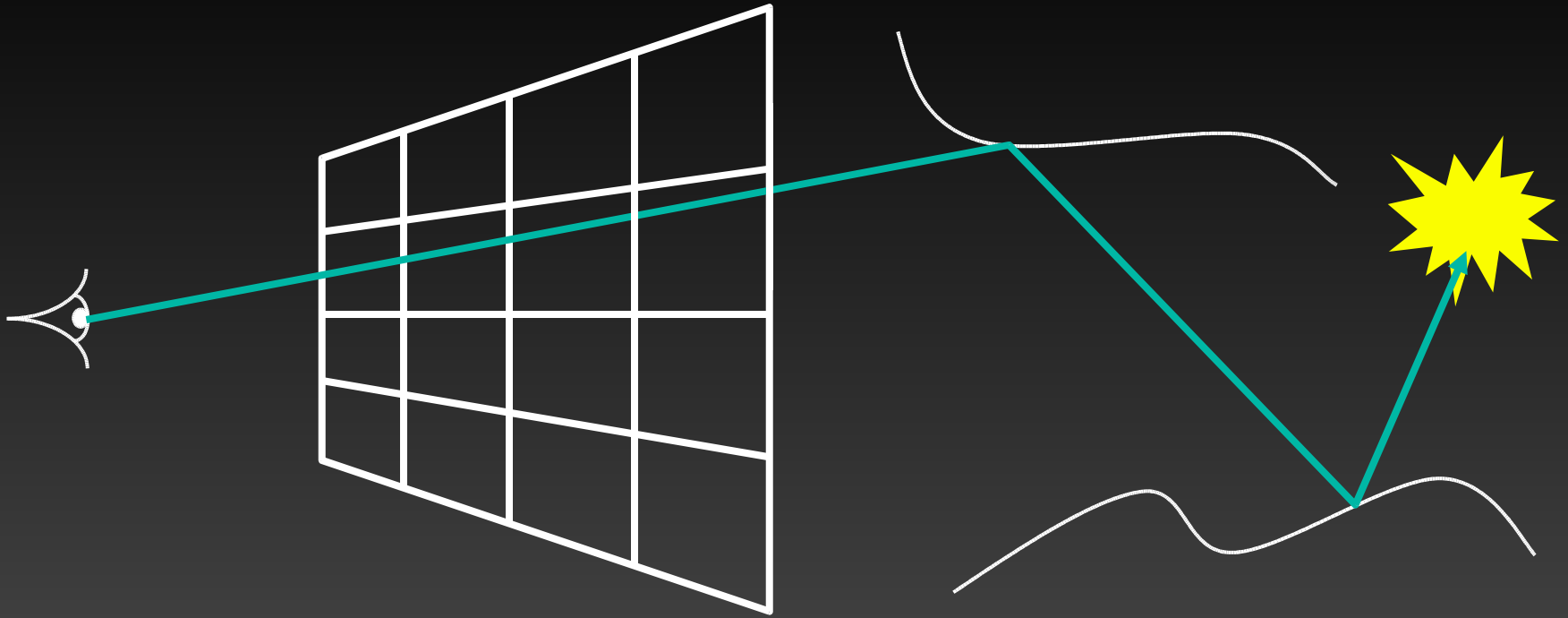
↳ Absorption = énergie non réfléchi

➤ Énergie accumulée sur un rayon

$$e = L_p(s_0, -\vec{\omega}_0) + \frac{\rho(s_0, \vec{\omega}_0, \vec{\omega}_1) \langle \vec{\omega}_0 \cdot \vec{n}_0 \rangle}{p(\vec{\omega}_1)} L_p(s_1, -\vec{\omega}_1) + \dots$$

$$\dots + \left(\prod_{m=1}^i \frac{\rho(s_{m-1}, \vec{\omega}_{m-1}, \vec{\omega}_m) \langle \vec{\omega}_{m-1} \cdot \vec{n}_{m-1} \rangle}{p(\vec{\omega}_m)} \right) L_p(s_i, -\vec{\omega}_i) + \dots$$

Lancer de rayons



$$L_{i,j} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \left(L_p(s_0, -\vec{\omega}_0) + \sum_{i=1}^{d_k} \left(\prod_{m=1}^i \frac{\rho(s_{m-1}, \vec{\omega}_{m-1}, \vec{\omega}_m) \langle \vec{\omega}_{m-1} \cdot \vec{n}_{m-1} \rangle}{p(\vec{\omega}_m)} \right) L_p(s_i, -\vec{\omega}_i) \right)$$

Réflexion diffuse

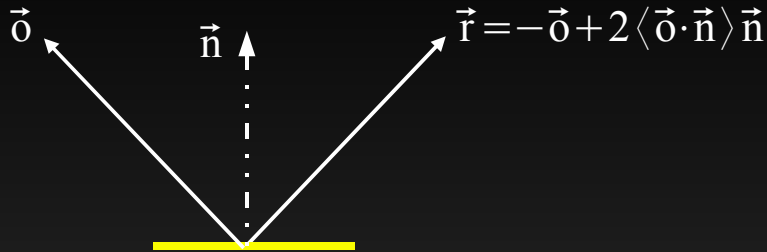
- Absorption si $p > \mathcal{R}_d$ (albédo)
- Sinon, réflexion selon le cosinus

$$p'(\vec{\omega}) = \frac{1}{\pi} \langle \vec{\omega} \cdot \vec{n} \rangle$$

- Probabilité d'un rayon réfléchi

$$p(\vec{\omega}) = \mathcal{R}_d p'(\vec{\omega}) = \rho \langle \vec{\omega} \cdot \vec{n} \rangle$$

Réflexion de Phong modifiée



$$\rho(\vec{\omega}, \vec{o}) = \rho_p \langle \vec{\omega} \cdot \vec{r} \rangle^e$$

➤ Absorption si $p > \mathfrak{R}_p$ $\mathfrak{R}_p \leq \rho_p \frac{2\pi}{e+2}$

➤ Sinon, réflexion selon le lobe

$$p'(\vec{\omega}) = \frac{e+1}{2\pi} \langle \vec{\omega} \cdot \vec{r} \rangle^e$$

➤ Probabilité

$$p(\vec{\omega}) = \mathfrak{R}_p p'(\vec{\omega}) = \rho_p \frac{e+1}{e+2} \langle \vec{\omega} \cdot \vec{r} \rangle^e$$

➤ Énergie

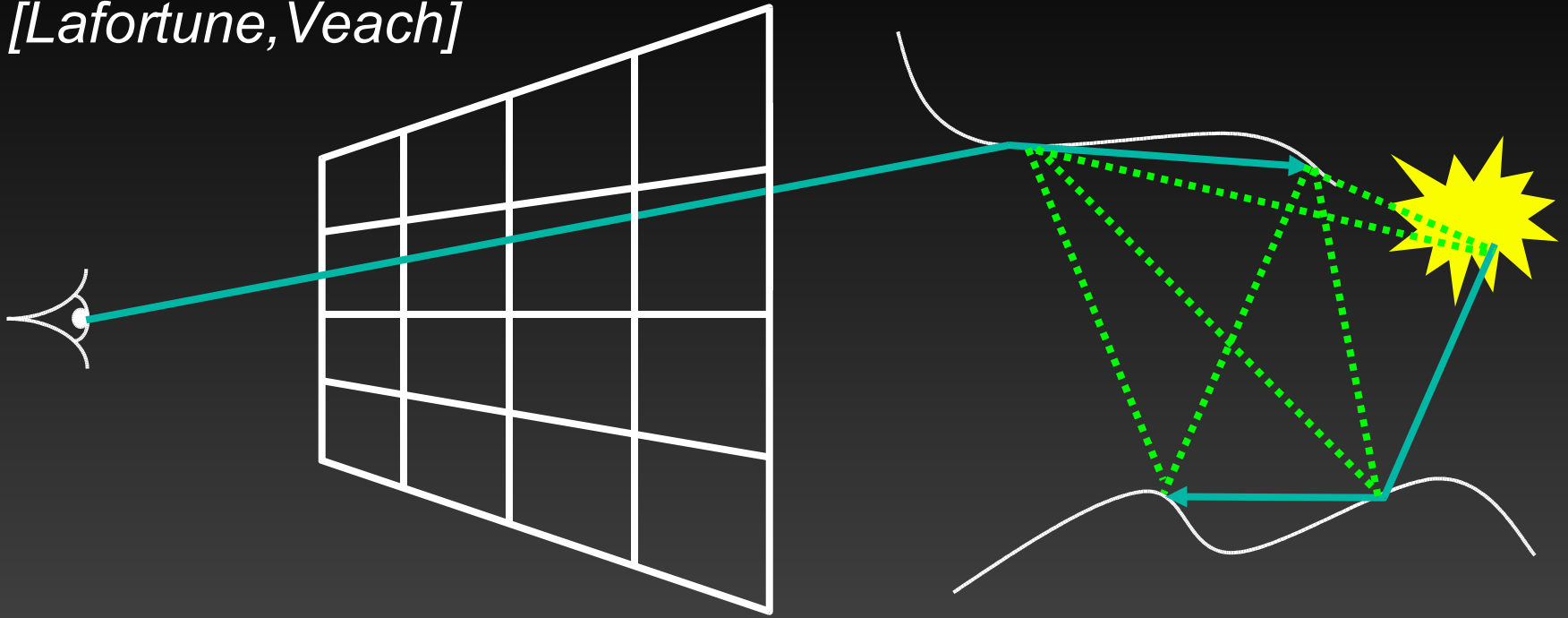
$$\frac{\rho(\vec{\omega}, \vec{o}) \langle \vec{\omega} \cdot \vec{n} \rangle}{p(\vec{\omega})} = \frac{e+2}{e+1} \langle \vec{\omega} \cdot \vec{n} \rangle$$

Lancer bi-directionnel

- Faible probabilité des sources
 - ↳ Petites tailles
 - ↳ Éclairage principalement indirect
- À partir des Sources
 - ↳ Probabilité nulle d'atteindre l'oeil
- Émettre dans les deux directions
 - ↳ Combiner les deux approches
 - ↳ Meilleure garantie d'atteindre une source

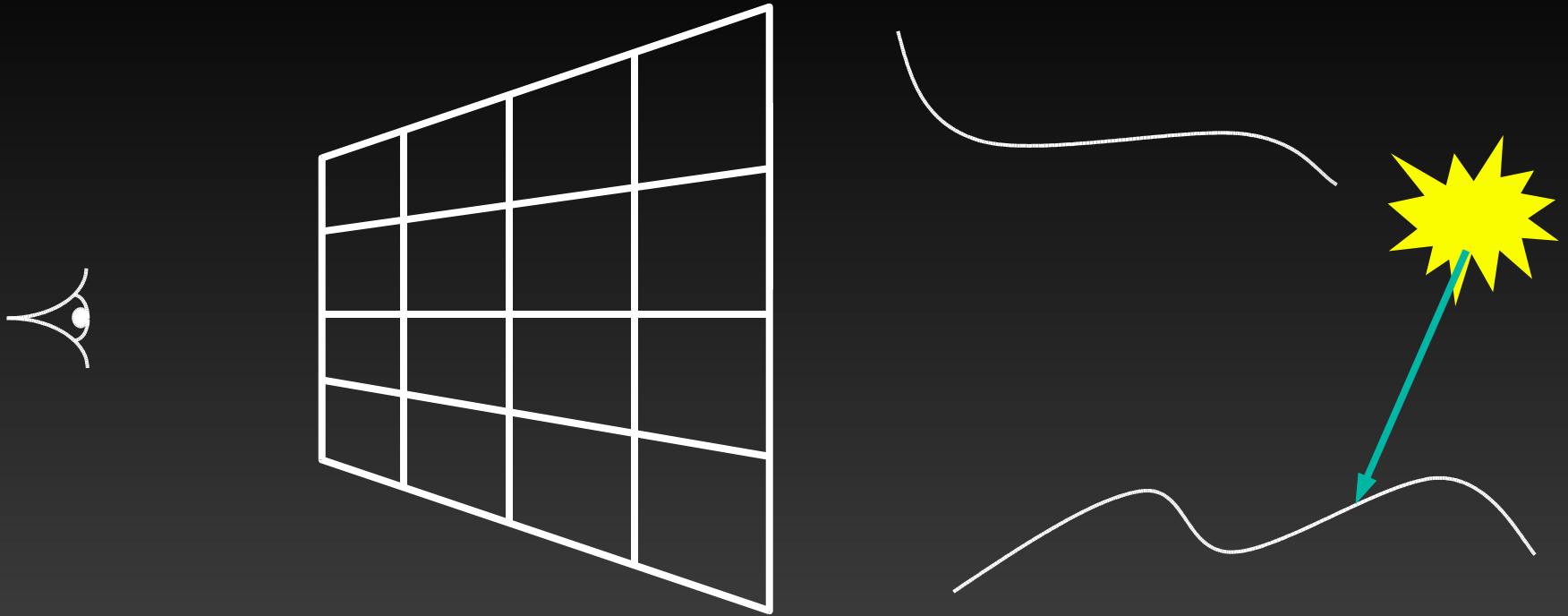
Bi-directionnel

[Lafortune, Veach]



- Connection des deux chemins
- Moyenne pondérée des intensités

Émission à partir d'une source



➤ Échantillonner le flux émis

$$\Phi_S = \int_S \int_{\Omega} L(s, \vec{\omega}) \langle \vec{n} \cdot \vec{\omega} \rangle d\vec{\omega} ds \Rightarrow p(s, \vec{\omega}) = \frac{1}{\Phi_S} L(s, \vec{\omega}) \langle \vec{n} \cdot \vec{\omega} \rangle$$

Bilan

➤ Extensions

↳ Metropolis : mutations de chemins

↳ Quasi Monte Carlo : plus de cohérence

➤ Limitations

↳ Image seule

↳ Convergence lente

↳ Bruit

➤ Avantage

↳ Simplicité d'implémentation

Lancer de particules

➤ Principe similaire

- ↳ Envoie d'échantillons à partir des sources
- ↳ Impacts des chemins = particules
- ↳ Reconstruction à partir des échantillons

➤ Reconstruction plus souple

- ↳ Maillage (estimation de densité)
- ↳ Image (Photon Map)

➤ Introduction de biais

- ↳ Meilleure qualité visuelle

Émission à partir d'une source

- Échantillonner le flux émis

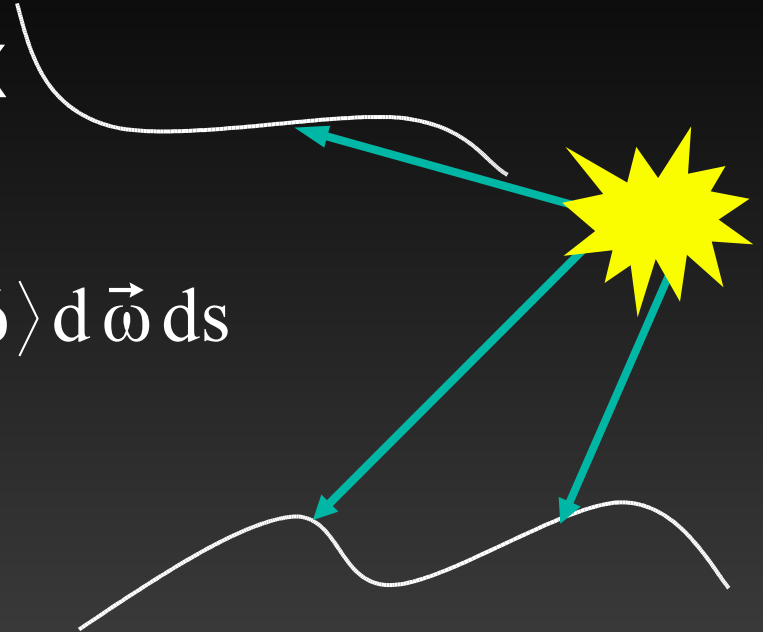
$$\Phi_s = \int_s \int_{\Omega} L(s, \vec{\omega}) \langle \vec{n} \cdot \vec{\omega} \rangle d\vec{\omega} ds$$

- Énergie d'une particule

$$\varphi = \frac{1}{n} \frac{1}{p(s, \vec{\omega})} L(s, \vec{\omega}) \langle \vec{n} \cdot \vec{\omega} \rangle$$

- Énergie constante

$$p(s, \vec{\omega}) = \frac{1}{\Phi_s} L(s, \vec{\omega}) \langle \vec{n} \cdot \vec{\omega} \rangle$$



Propagation

- Réfléchir selon le matériau

$$\varphi_{m+1} = \frac{\rho(\vec{\omega}_{m+1}, \vec{\omega}_m) \langle \vec{\omega}_{m+1} \cdot \vec{n} \rangle}{p(\vec{\omega}_{m+1})} \varphi_m$$

- Énergie constante le long d'un trajet

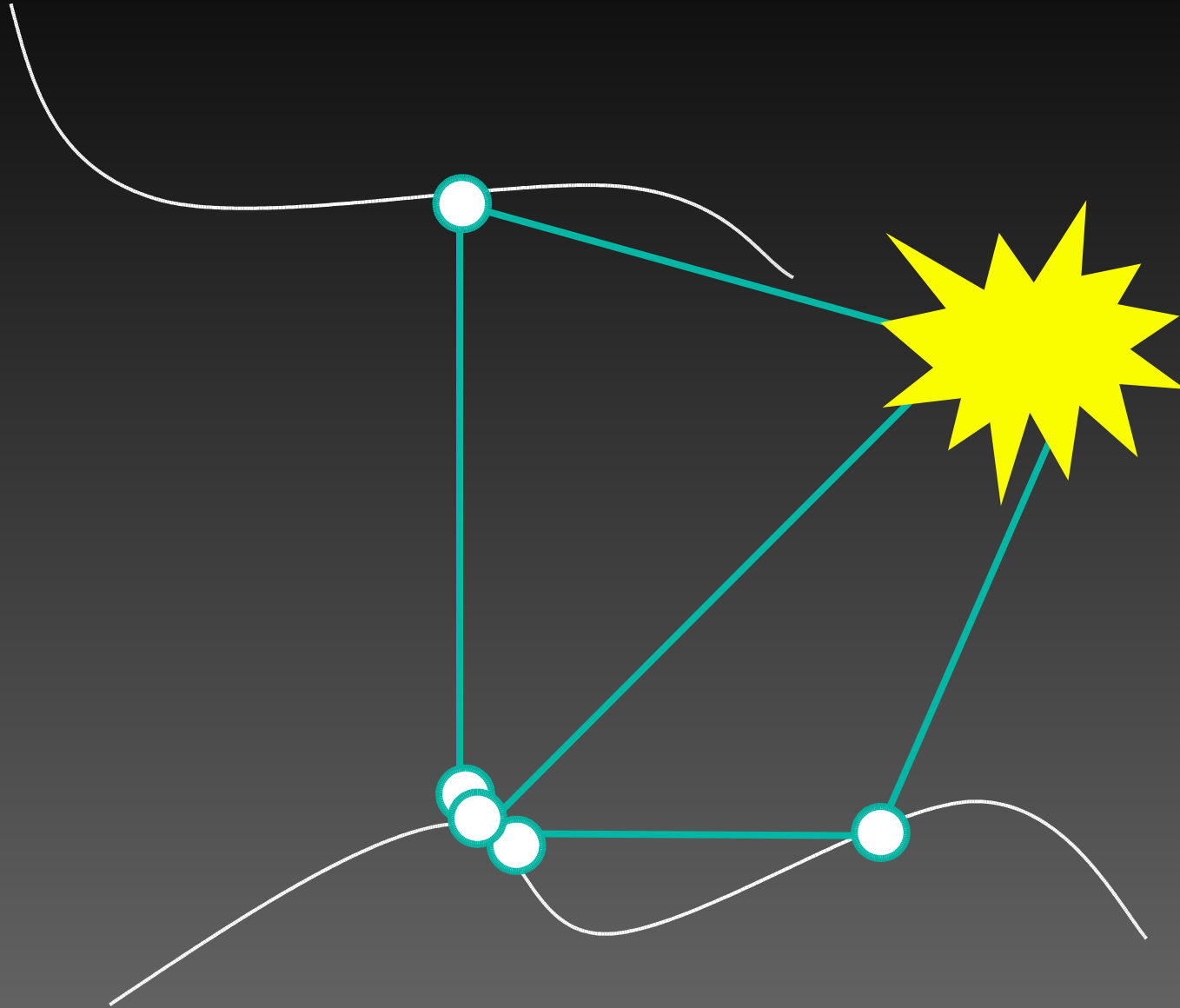
$$p(\vec{\omega}_{m+1}) \equiv \rho(\vec{\omega}_{m+1}, \vec{\omega}_m) \langle \vec{\omega}_{m+1} \cdot \vec{n} \rangle$$

- Stocker les impacts

- ↳ Position, énergie

- ↳ Direction, ...

Propagation



Estimation de densité

- Densité d'impacts =
Quantité d'énergie
- Reconstruction sur un maillage

$$B = \frac{1}{\text{aire}} \mathcal{R}_d \sum_{i/s_i \in \text{élément}} \varphi_i$$

- Utilisation d'une noyau

↳ Voisinage

↳ Biais

$$\tilde{I}(s) = \frac{1}{\int K(s-y) dy} \sum_{i/s_i \in \text{élément}} K(s-s_i) \varphi_i$$

$$E[\tilde{I}(s)] = \int K(s-y) f(y) dy$$

Bilan énergétique

- Solution indépendante du point de vue
 - ↳ Chemins $L(D|S)^*DE$
 - ↳ Rendu interactif
- Ajout des reflets
 - ↳ Lancer de rayons
 - ↳ Chemins $(L|D)S^+E$
 - ↳ Solution complète
- Reconstruction de qualité (sur maillage)
 - ↳ Mise en oeuvre complexe

Noyaux de reconstructions

$$K(x) = \begin{cases} (1 - \|x\|^n) & x \in [0, 1] \\ 0 & x \notin [0, 1] \end{cases}$$

➤ $n = \infty$: Constant

↳ Lissage maximum

↳ Visuellement discontinue

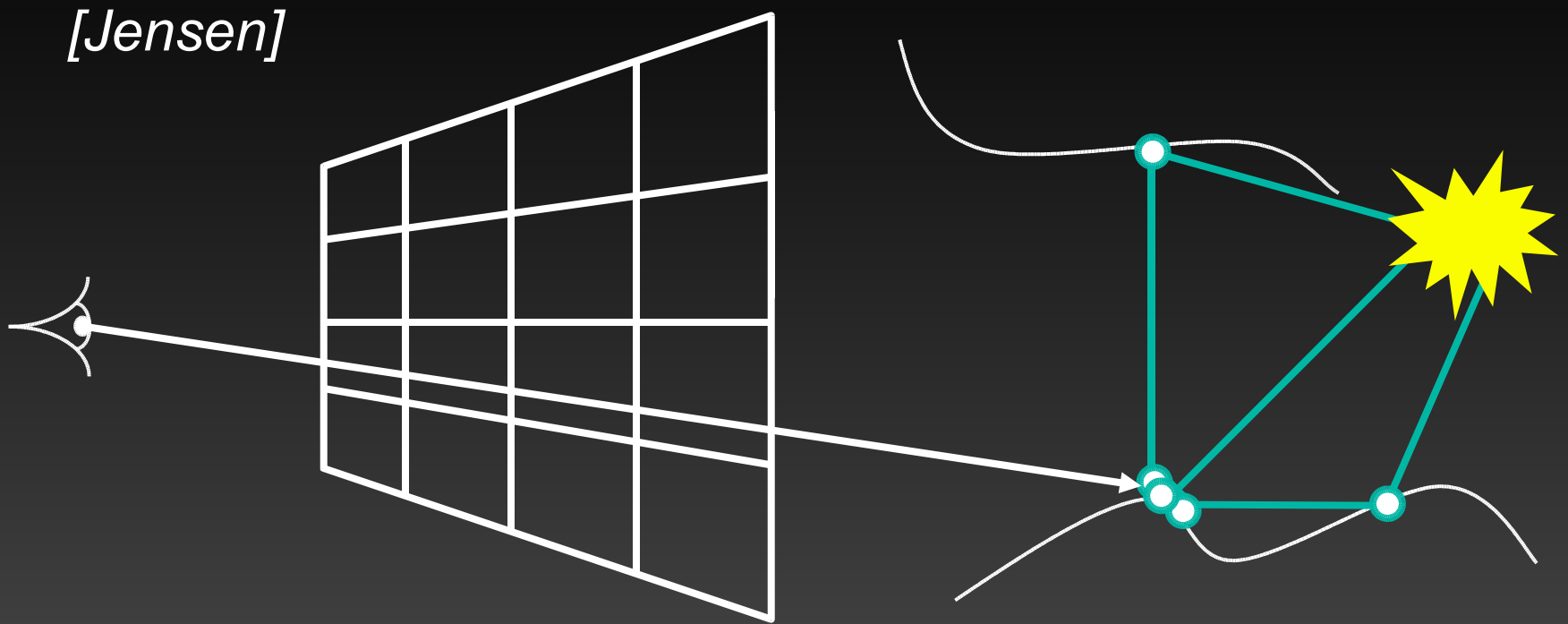
➤ $n = 1$: Cône (linéaire)

➤ $n = 2$: Epanechnikov

Photon Map

- Reconstruction : espace image
 - ↳ Basé sur un lancer de rayons
- Estimation de densité
 - ↳ Voisinage de l'intersection
 - ↳ Pour les phénomènes globaux
- Séparation des contributions
 - ↳ Photons caustiques
 - ↳ Photons globaux
 - ↳ Photons directs

Photon Map



$$L(\mathbf{x}, -\vec{\omega}) = \frac{1}{\int K(\mathbf{x} - \mathbf{y}) d\mathbf{y}} \sum_{i / \|\mathbf{s}_i - \mathbf{x}\| \leq d} \rho(\mathbf{x}, -\vec{\omega}, \vec{\omega}_k) K(\mathbf{x} - \mathbf{s}_i) \varphi_i$$

Structure de donnée

- Une « map » par type de photon
- Organisée en BSP-Tree
 - ↳ Équilibré et tassé : tableau
 - ↳ Recherche rapide d'un voisinage
- Construction
 - ↳ Trouver la plus grande dimension
 - ↳ Trouver la particule « médiane »
 - ↳ Couper au niveau de celle-ci

Recherche des N plus proches

➤ Recherche bornée par un rayon

➤ Pour tout photon / $\|s_i - x\| \leq d$

↳ Ajout à la liste des candidats

↳ Si #candidat $> N$

↳ Enlever les plus éloignés

↳ Réduire le rayon de recherche

➤ Parcours hiérarchique de la carte

Reconstruction

➤ Éclairage direct

↳ Échantillonnage des sources

➤ Caustiques

↳ Directement à partir des photons

➤ Reflets

↳ Lancer de rayons

➤ Autres

↳ Soit à partir des photons

↳ Soit un tracé de rayons distribué

Avantages/Inconvénients

➤ Avantages

↳ Structure de donnée efficace

↳ Très bon traitement des caustiques

↳ Utilisation des particules pour l'ambiance

➤ Inconvénients

↳ Nécessite pas mal d'astuces

↳ Pas toujours facile à contrôler

Aujourd'hui

➤ Héritage

- ↳ Meilleure compréhension du phénomène
- ↳ Catégorisation des effets

➤ Partiellement utilisé

- ↳ Concentration sur les effets

➤ Méthodes déterministes

- ↳ Architecture/Archéologie
- ↳ Jeux, logiciels de création : ambiance
- ↳ Rendu inverse/Réalité augmentée
- ↳ Ex : Quake2/3 - Gladiator

Aujourd'hui

➤ Méthodes stochastiques

- ↳ Plus utilisées

- ↳ Principalement, Photon-map

- ↳ Ex : Finding Nemo, Iced Age, ...

➤ Nouvelles approches

- ↳ Environment Maps

- ↳ Pré-calcul de la réponse d'un objet

- ↳ Ombres douces en temps réel

Logiciels

- <http://radsite.lbl.gov/radiance/HOME.html>
- <http://www.cs.kuleuven.ac.be/cwis/research/graphics/RENDERPARK/>
- blender (radiosité)/povray(photon-map)
- <http://www.mentalimages.com/p101.html>