M2-Images

suivi de chemins / path tracing

J.C. Iehl

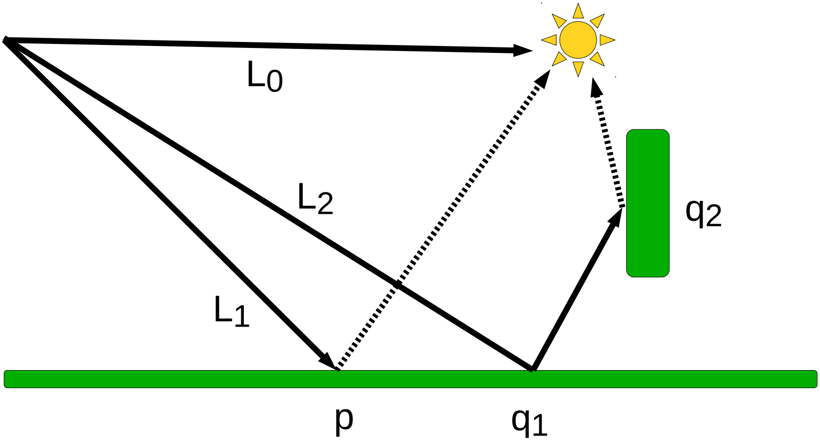
October 24, 2022

résumé des épisodes précédents :

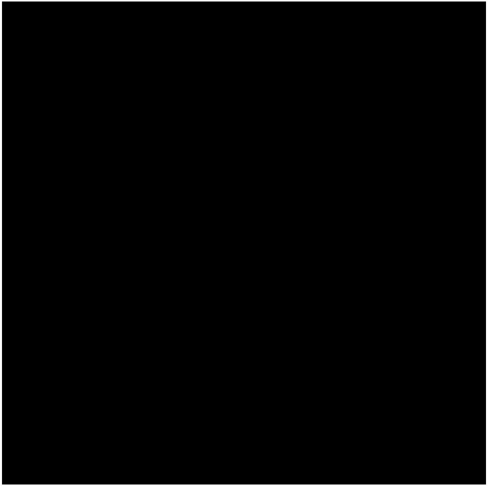
éclairage direct / indirect :

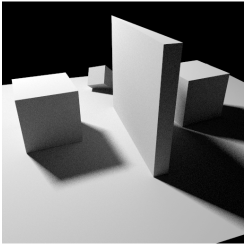
- "simuler" la propagation de la lumière,
- un point d'un objet est éclairé par les sources de lumières,
- et par les autres objets...

résumé

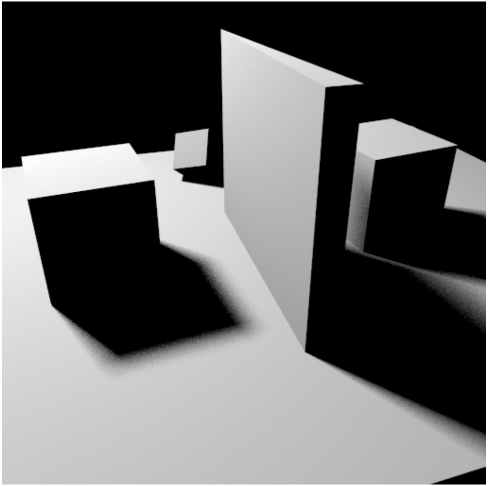


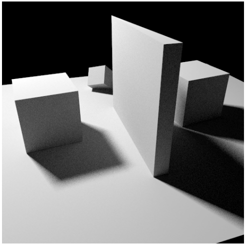
résumé : L_0



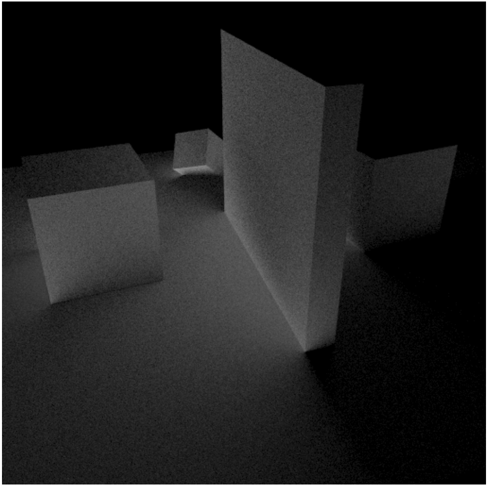


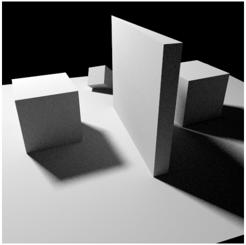
résumé : L_1



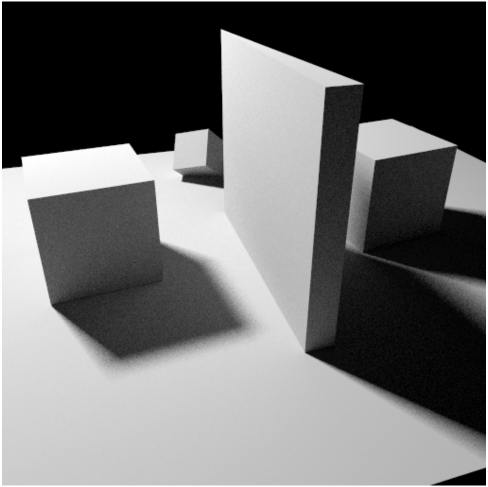


résumé : L_2





résumé : $L = L_0 + L_1 + L_2$



l'équation qui fait peur . . .

$$L_r(p, \vec{\omega}_o) = L_e(p, \vec{\omega}_o) + \int_{\Omega^+} L_i(p, \vec{\omega}) f_r(p, \vec{\omega} \rightarrow \vec{\omega}_o) |\cos\theta| d\omega$$

avec :

- $L_r(p, \vec{\omega}_o)$: énergie réfléchie par p dans la direction $\vec{\omega}_o$,
- $L_e(p, \vec{\omega}_o)$: énergie émise par p dans la direction $\vec{\omega}_o$,
- Ω^+ : ensemble de directions autour du point p,
- $L_i(p, \vec{\omega}) = L_r(q, -\vec{\omega})$: énergie incidente en p dans la direction $\vec{\omega}$ = énergie réfléchie par q vers p,
- $f_r(p, \vec{\omega} \rightarrow \vec{\omega}_r)$: matière de p,
- θ : angle entre la normale en p et $\vec{\omega}$.

l'équation qui fait moins peur ...

$$L_r(p, \vec{\omega}_o) = L_e(p, \vec{\omega}_o) + L_{direct}(p, \vec{\omega}_o) + L_{indirect}(p, \vec{\omega}_o)$$

lumière réfléchie par $p =$ émission $+$ direct $+$ indirect.

résumé :

on sait calculer :

- émission, L_0
- direct, L_1, cf cours précédent + *multiple importance sampling*,
- indirect, L_2 ?

indirect : L_2

$$L_2(p, \vec{\omega}_o) = \int_{\Omega - S} L_i(p, \vec{\omega}) f_r(p, \vec{\omega} \rightarrow \vec{\omega}_o) |\cos\theta| d\omega$$

avec $\Omega - S$ l'ensemble des directions qui ne correspondent pas à une source de lumière...

et $L_i(p, \vec{\omega}) = L_r(q, -\vec{\omega}) \approx L_1(q, -\vec{\omega})$, avec q, point visible par p dans la direction $\vec{\omega}$.

indirect : L_2

$$L_2(p, \vec{\omega}_o) = \int_{\Omega - S} \int_{Aire(S)} L_e(s,q) f_r(s,q,p) G(q,s) f_r(q,p,o) \cos\theta \, ds d\omega$$

$$L_2(p, o) = \int_{Aire} \int_{Aire(S)} L_e(s,q) f_r(s,q,p) G(q,s) f_r(q,p,o) G(p,q) \, ds dq$$

avec $G(x,y) = V(x,y) \frac{\cos\theta_x \cos\theta_y}{d^2(x,y)}$

estimateur : L_2

$$L_2(p,o) = \frac{1}{N}\sum \frac{L_e(s_i,q_i)f_r(s_i,q_i,p)G(q_i,s_i)f_r(q_i,p,o)G(p,q_i)}{pdf(s_i,q_i)}$$

$pdf(s,q)$ trouver un point q visible par p, et un point s sur une source de lumière.

$pdf(s,q) = pdf_1(s) \times pdf_2(q)$,
choix de s indépendent du choix de q.

réduction de variance

quelle densité pour q et s ?

- pour s, il y en a au moins 2, cf cours précédent,
- pour q ? $\cos\theta$?

quelle est l'influence de q sur la fonction intégrée ?

quelle densité pour q ?

$q \propto f_r(q, p, o)$:

- choisir q en fonction la réflexion / la matière en p...
- comment ?
- cas diffus : $f_r(q, p, o) = k/\pi$, choisir $q \propto \cos\theta$
- cas glossy : $f_r(q, p, o) = k \cos^m \theta$...

peut on choisir des directions $\propto \cos^m \theta$?

quelle densité pour q ?

utiliser $\cos^m \theta$ comme pdf

- on sait que $0 < \cos^m \theta < 1$
- et
$$\int_\Omega \cos^m \theta d\omega = \frac{2\pi}{m+1}$$
- donc
$$\int_\Omega \frac{m+1}{2\pi} \cos^m \theta d\omega = 1$$

on peut utiliser $\frac{m+1}{2\pi} \cos^m \theta$ comme pdf, reste à vérifier que l'on peut générer des directions distribuées selon cette pdf.

quelle densité pour q ?

générer des directions :

- cf GI Compendium, eq 36
- $\cos\theta = u_2^{\frac{1}{m+1}}$
- $\phi = 2\pi u_1$
- $(x, y, z) = (\cos\phi \sin\theta, \sin\phi \sin\theta, \cos\theta)$
- avec $\sin\theta = \sqrt{1 - \cos^2\theta}$
- avec u_1, u_2 valeurs aléatoires $\in [0..1]$

quelle densité pour q ?

on sait générer des directions $\vec{\omega} \propto \cos^m \theta$:

- ce sont les directions $\vec{\omega}_h$ qui sont $\propto \cos^m \theta_h$
- $\vec{\omega} = \mathit{refl}(\vec{\omega}_o, \vec{\omega}_h) = -\vec{\omega}_o + 2(\vec{\omega}_o \cdot \vec{\omega}_h)\vec{\omega}_h$
- quelle est la densité de la direction réfléchie ?
- $\mathit{pdf}(\vec{\omega}) = \frac{m+1}{2\pi} \frac{\cos^m \theta_h}{4(\vec{\omega}_o \cdot \vec{\omega}_h)}$

$\mathit{pdf}(q) = \mathit{pdf}(\vec{\omega}) \times \frac{\cos \theta_q}{d^2(p,q)}$ (avec q visible de p dans la direction $\vec{\omega} \propto \mathit{pdf}(\vec{\omega})$)

retour au calcul

bilan :

- 2 *pdf* possible pour choisir s sur une source,
- 2 *pdf* possible pour choisir q sur un objet visible par p...
- combien d'estimateurs peut-on construire ?
- comment les pondérer ?

indirect L_3

L_3?

- un rebond de plus,
- trouver un point r visible depuis q et éclairé par un point s sur une source,
- une intégrale de plus... même type de solution que pour L_2

et on arrete quand ?