M2-Images

Simulation - notions

J.C. Iehl

October 25, 2010

résumé des épisodes précédents . . .

résumé :

- visibilité,
- intersections rayon / primitives,
- accélération intersections,
- matières + énergie + couleur,

+ éclairage / propagation de la lumière ?

de quoi on parle ?

de la propagation de la lumière :

- propagation directe : les objets reçoivent de la lumière directement depuis les sources de lumières : ombres + pénombres,
- propagation indirecte : tous les objets réfléchissent la lumière qu'ils reçoivent . . . donc tous les objets reçoivent de la lumière des autres objets.

de l'aspect des objets :

- mat, diffus, lambert,
- réfléchissant, phong, glossy,
- spéculaire : miroir, transparent.

et alors ?

propagation indirecte :

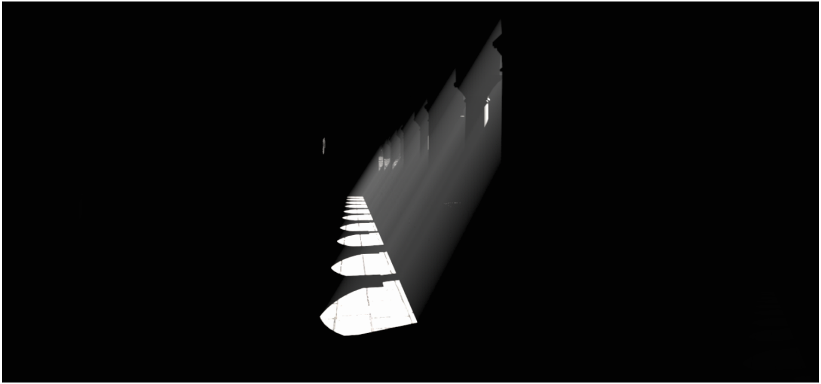
les objets réfléchissent la lumière qu'ils reçoivent.

l'aspect des objets modifie la propagation de la lumière :

on parle plutôt de la matière des objets.

et d'interaction lumière / matière.

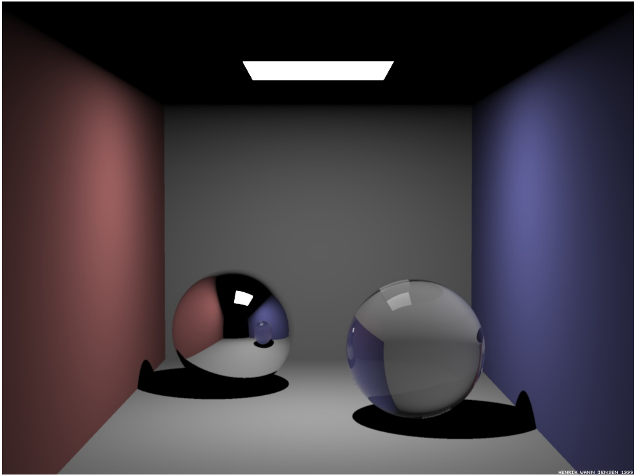
exemple : éclairage direct



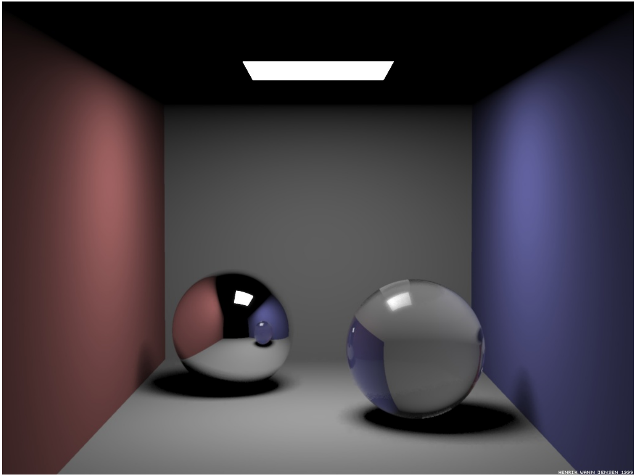
exemple : éclairage direct + indirect

exemple : éclairage direct + indirect + détails

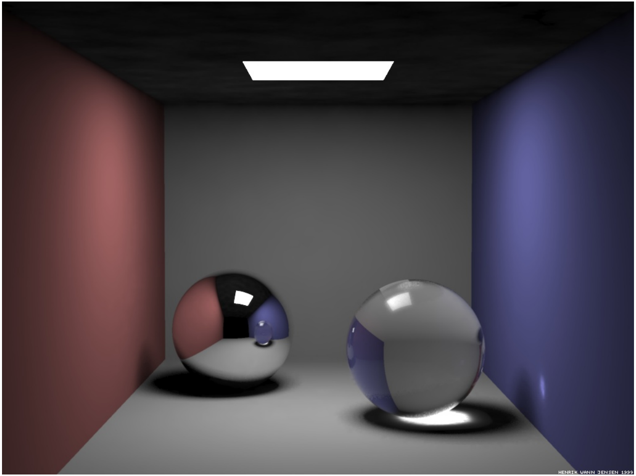
exemple : influence de la source de lumière



exemple : influence de la source de lumière



exemple : éclairage indirect + caustique



l'équation qui fait peur ...

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

avec :

- $L_r(p, \vec{\omega}_r)$: énergie réfléchie par p dans la direction $\vec{\omega}_r$,
- $L_e(p, \vec{\omega}_r)$: énergie émise par p dans la direction $\vec{\omega}_r$,
- 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'explication qui fait moins peur ...

l'énergie réfléchie par un point p dépend de l'énergie réfléchie par tous les autres points q, visibles par p.

et de l'énergie émise directement par p, bien sur.

l'équation qui fait moins peur ...

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

l'énergie réfléchie par p = énergie émise + éclairage direct + éclairage "indirect".

Pourquoi décomposer ?

décomposition :

- chaque terme correspond à un "phénomène" visible,
- selon le type de "simulation", tous les termes sont calculés ...
- plus ou moins précisément,
- ou pas du tout.

quelques "simplifications" usuelles ...

éclairement direct : sources étendues

simplifier :

directions correspondant à une source de lumière $s = \Omega_s$.

$$L_{direct}(p, \vec{\omega}_r) = \sum_{s \in Sources} \int_{\Omega_s} L_e(q, -\vec{\omega}) f_r(p, \vec{\omega} \rightarrow \vec{\omega}_r) |\cos\theta| d\omega$$

avec :

- q, point d'une source de lumière visible depuis p dans la direction $\vec{\omega}$,
- on suppose que $L_i(p, \vec{\omega}) \equiv L_e(q, -\vec{\omega})$.

éclairement direct : bilan

quelle simplification ?

- découpage du domaine : $\sum_{s \in Sources} \Omega_s \subset \Omega^+$
- une intégrale par sous-domaine Ω_s, par source s,
- au lieu de traiter toutes les directions Ω^+, on se s'interresse qu'aux directions $\vec{\omega}$ correspondant à une source Ω_s,
- pas obligé de traiter toutes les sources,
- choix de la qualité de la "simulation" / du calcul pour chaque source.

éclairement direct : sources ponctuelles

simplifier (encore) :

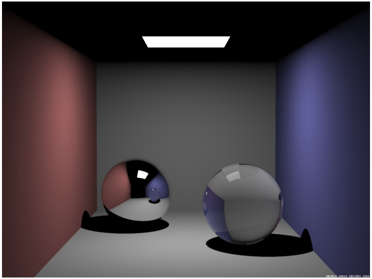
uniquement des sources ponctuelles, Ω_s se réduit à une seule direction par source, $\vec{\omega}_s$, et l'intégrale disparaît.

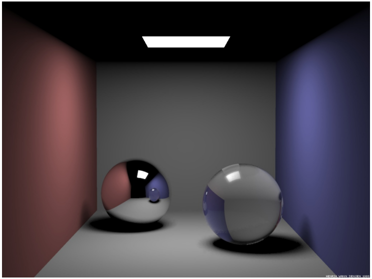
$$L_{direct}(p, \vec{\omega}_r) = \sum_{s \in Sources} L_e(q_s, -\vec{\omega}_s) f_r(p, \vec{\omega}_s \rightarrow \vec{\omega}_r) |\cos\theta|$$

avec :

q_s : position de la source de lumière, $\vec{\omega}_s$ direction vers q_s.

éclairement direct : source ponctuelle et étendue





et alors ?

quel est le principal problème ?

- déterminer le point q sur une source de lumière, visible depuis p dans la direction $\vec{\omega}$,
- calculer l'intégrale dans le cas d'une source non ponctuelle.

Intégration numérique

décomposer le problème :

- transformer / simplifier le problème,
- intégration sur des directions ? intégration sur θ puis ϕ ?
- changement de "variable" de l'intégation $d\omega = \sin\theta d\theta d\phi$?

$$\begin{aligned} I &= \int_{\Omega_s} f(\vec{\omega}) d\omega \\ &= \int_{\phi} \int_{\theta} f(\theta, \phi) \sin\theta d\theta d\phi \end{aligned}$$

quel domaine pour θ et ϕ ? (rappel : décrire une hemisphere)

Intégration numérique : décomposer le problème

comment calculer :

$$I = \int_{x=0}^{1} f(x) dx$$

$$I \approx \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N} f(x_k)$$

si les x_k sont distribués uniformément sur [0 1].

Intégration numérique : revenir au problème 2d

comment calculer :

$$I = \int_{y=0}^{1} \int_{x=0}^{1} f(x,y) dxdy$$

$$I = \int_{\phi=0}^{2\pi} \int_{\theta=0}^{\pi/2} f(\theta,\phi) sin\theta d\theta d\phi$$

Intégration numérique : revenir au problème

Monte Carlo (principe) :

$$I = \int_{x=0}^{1} f(x)dx$$

$$I \approx \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N} \frac{f(x_k)}{p(x_k)}$$

si les x_k sont distribués selon $p(x)$?