

M2-Images

Simulation - notions

J.C. lehl

November 13, 2012

résumé des épisodes précédents ...

résumé :

- ▶ visibilité,
- ▶ ombres,
- ▶ 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 :

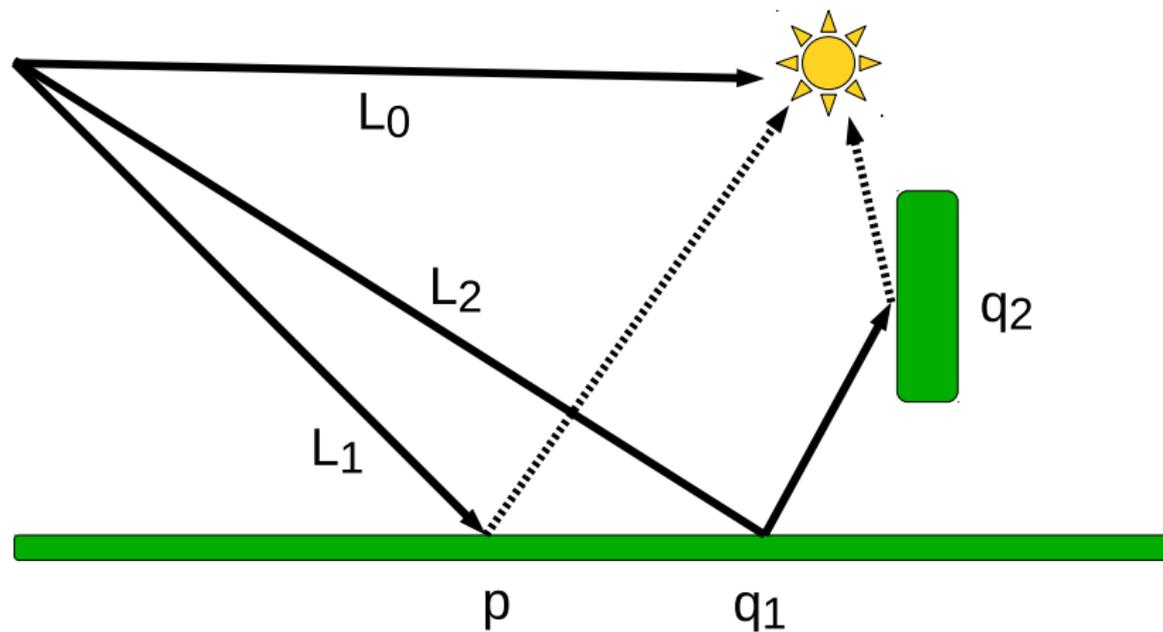
les objets réfléchissent la lumière qu'ils reçoivent.

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

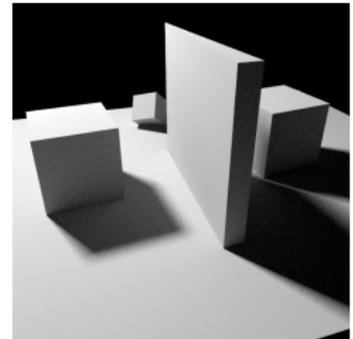
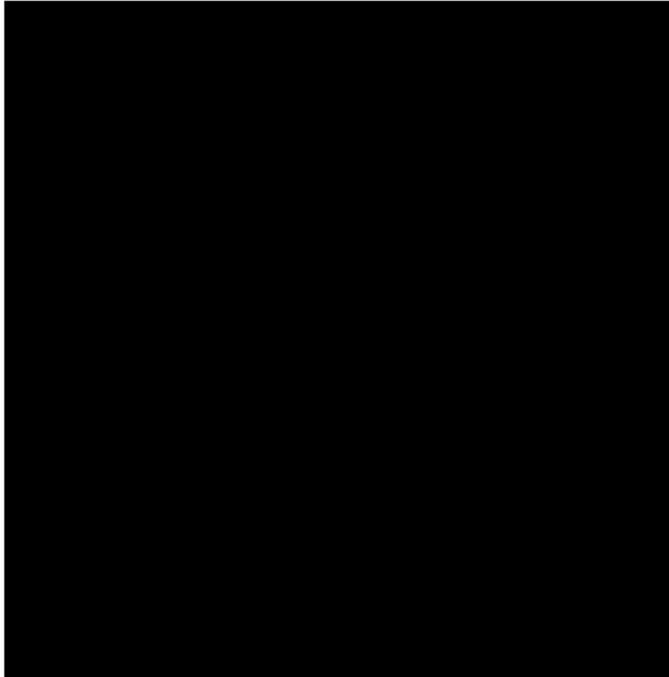
on parle plutôt de la matière des objets.

et d'interaction lumière / matière.

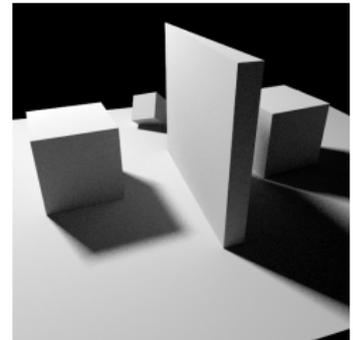
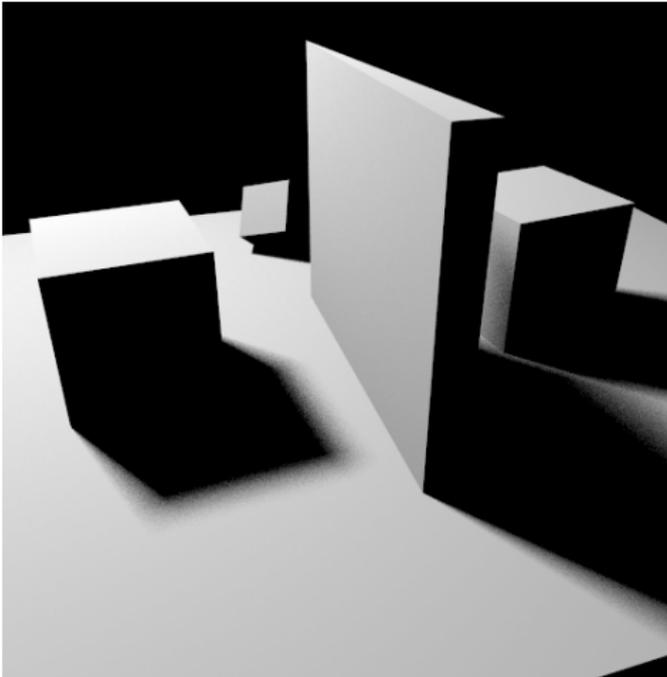
notions...



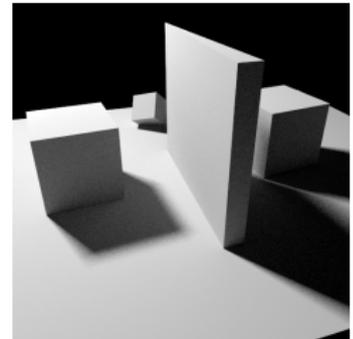
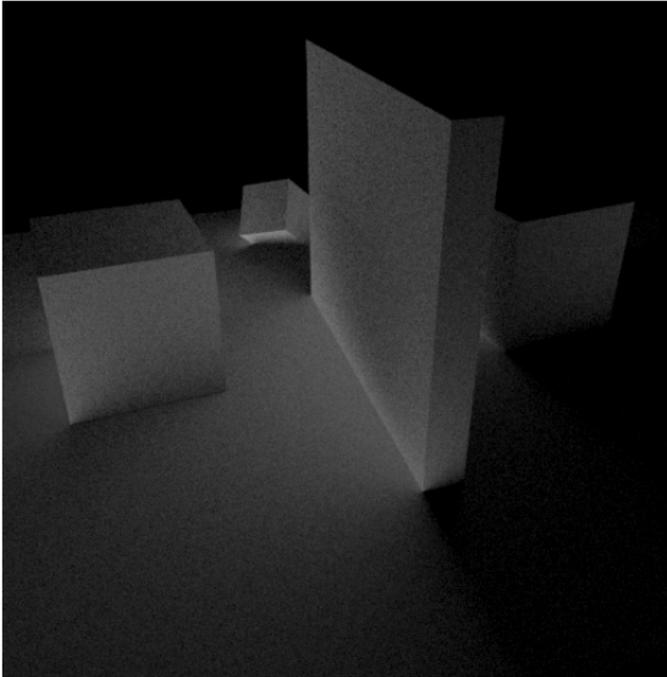
notions : L_0



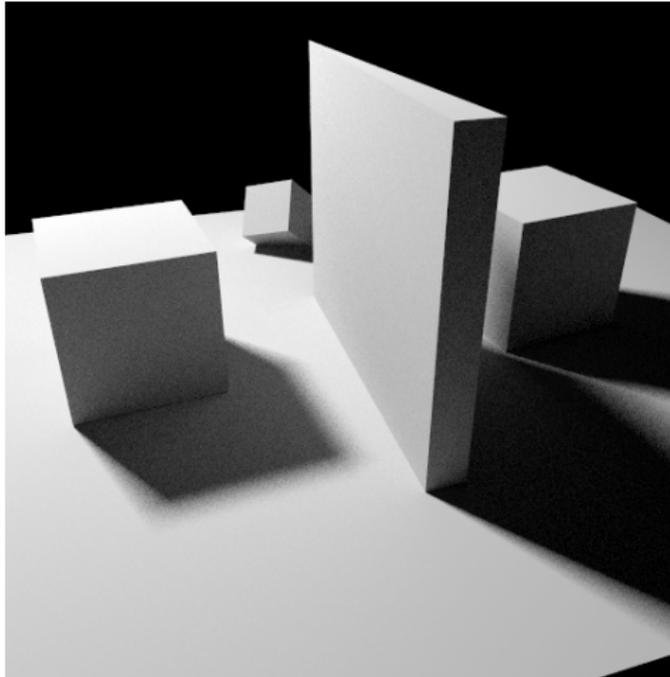
notions : L_1



notions : L_2



notions : $L = L_0 + L_1 + L_2$



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 réfléchiée 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 réfléchiée 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 réfléchiée par un point p dépend de l'énergie réfléchiée 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 . . .

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

l'énergie réfléchiée 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 ...

éclairage direct : sources étendues

simplifier :

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

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

avec :

- ▶ q , point d'une source de lumière visible depuis p dans la direction $\vec{\omega}$,
- ▶ $L_i(p, \vec{\omega}) \approx L_e(q, -\vec{\omega})$, l'énergie émise par la source de lumière en direction de p .

éclairage 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'intéresse 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.

éclairage direct : sources ponctuelles

simplifier (encore) :

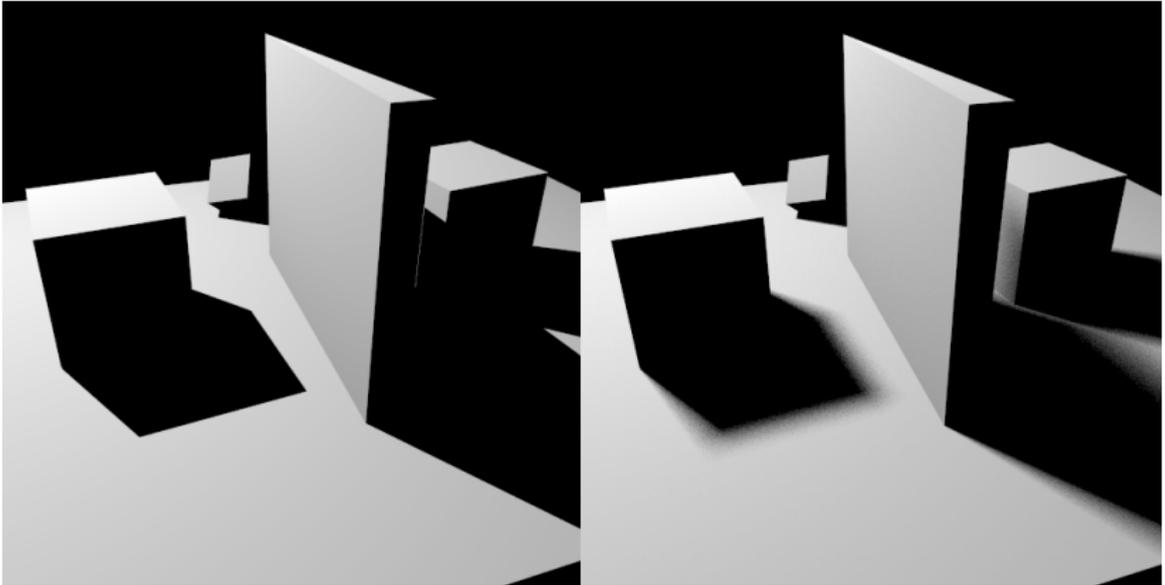
uniquement des sources ponctuelles, Ω_s se réduit à une seule direction par source, $\vec{\omega}_s$, et l'intégrale disparaît.

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

avec :

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

éclairage 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,
- ▶ le bruit...

éclairage indirect

principe :

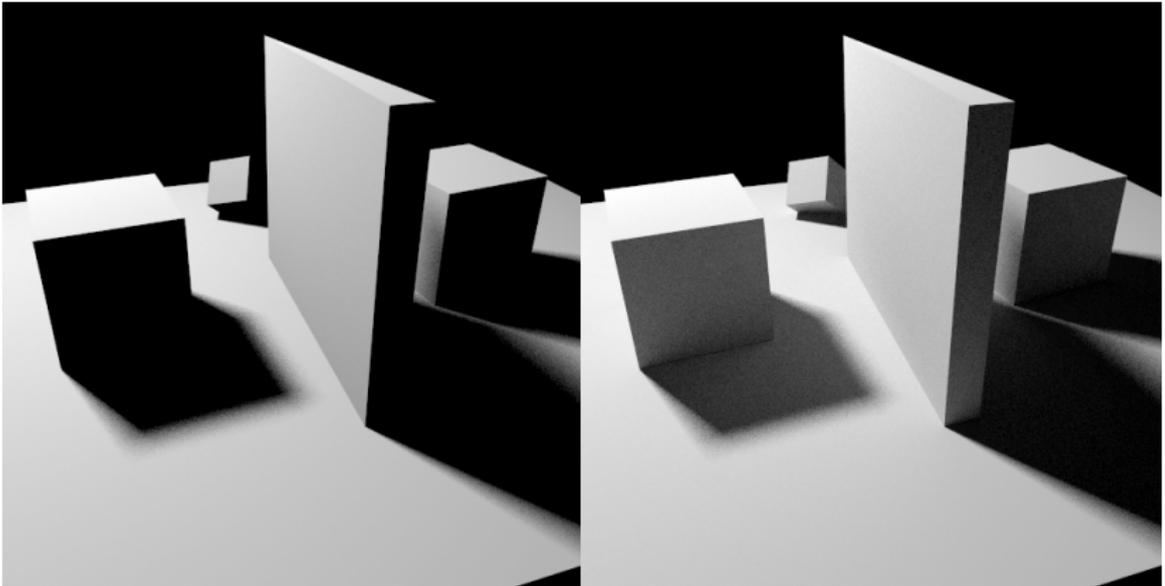
- ▶ pour toutes les directions qui ne correspondent pas à une source de lumière,
- ▶ un objet est a priori visible,
- ▶ il réfléchit de l'énergie vers le point p ...

éclairage indirect

$$L_{indirect}(p, \vec{\omega}_o) = \int_{\vec{\omega} \in \Omega} L_i(p, \vec{\omega}) f_r(p, \vec{\omega} \rightarrow \vec{\omega}_o) |\cos \theta| d\omega$$

- ▶ $\Omega = \Omega^+ - \Omega_S$
- ▶ quelle valeur pour $L_i(p, \vec{\omega})$?
- ▶ a priori : $L_i(p, \vec{\omega}) \equiv L_r(q, -\vec{\omega})$,
- ▶ une approximation courante :
- ▶ $L_i(p, \vec{\omega}) \approx L_{direct}(q, -\vec{\omega})$
avec q le point visible de p dans la direction $\vec{\omega}$.

exemple :



finir le calcul. . .

$$L_{indirect}(p, \vec{\omega}_o) = \int_{\vec{\omega}_p \in \Omega_p} L_i(p, \vec{\omega}_p) f_r(p, \vec{\omega}_p \rightarrow \vec{\omega}_o) |\cos \theta_p| d\omega_p$$

$$L_i(p, \vec{\omega}_p) \approx L_{direct}(q, -\vec{\omega}_p)$$

et q visible de p dans la direction $\vec{\omega}_p$

$$L_{direct}(q, -\vec{\omega}_p) = \int_{\vec{\omega}_q \in \Omega_q} L_e(r, -\vec{\omega}_q) f_r(q, \vec{\omega}_q \rightarrow -\vec{\omega}_p) |\cos \theta_q| d\omega_q$$

et r sur une source de lumière visible de q
dans la direction $\vec{\omega}_q$

finir le calcul. . .

euh ??

- ▶ calculer *numériquement* une intégrale ?
- ▶ sur des points et des directions ?