

M1-Synthèse

Matière et Lumière

J.C. Iehl

April 6, 2023

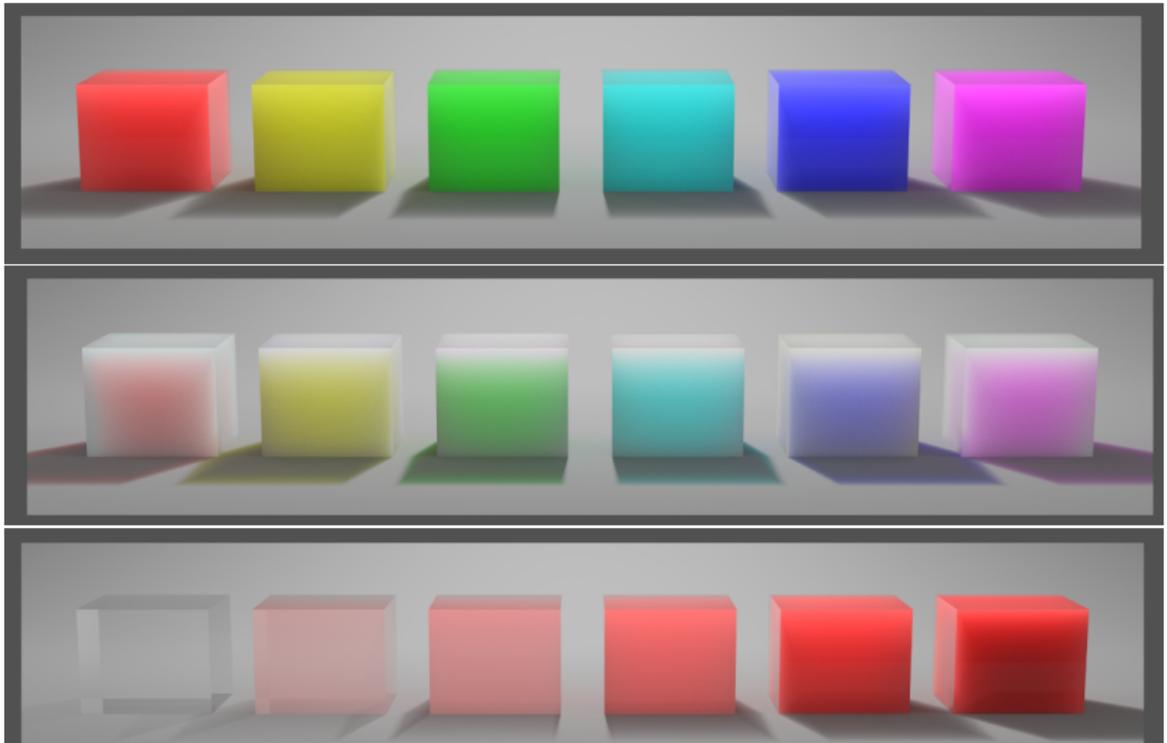
introduction
modèle empiriques
modèles physiques
retour aux calculs...

matières ?



introduction
modèle empiriques
modèles physiques
retour aux calculs...

et aussi...



pour commencer...

on va se contenter des surfaces :

- ▶ aspects mat, réfléchissant et miroir

comment représenter les différents aspects ?

comment représenter les différents aspects ?

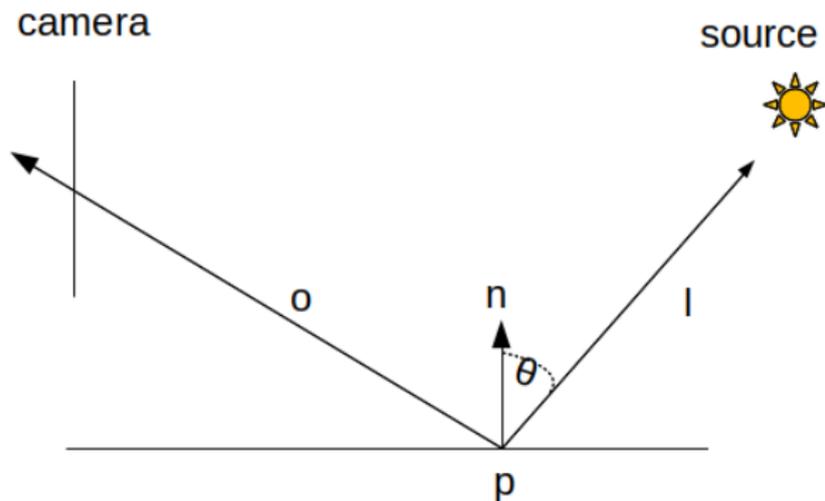
?

- ▶ ou plutôt : comment veut on utiliser la description / représentation d'une matière ?
- ▶ comment représenter la lumière réfléchiée par cette matière ?

notion de *brdf* / *frbd* : fonction de reflectance

radiométrie et photométrie, cf **PBRT chapitre 5**

comment représenter les différents aspects ?



$$L_r(p, \vec{o}) = L_i(p, \vec{l}) f_r(\vec{o}, \vec{l}) \cos \theta$$

comment représenter les différents aspects ?

brdf :

- ▶ comment représenter la lumière réfléchiée par cette matière ?
- ▶ $f_r(\vec{o}, \vec{l})$: quelle "quantité" de lumière est réfléchiée vers l'observateur (dans la direction \vec{o}) ?
- ▶ avec $L_i(p, \vec{l})$ la lumière incidente (qui éclaire p depuis la direction \vec{l})

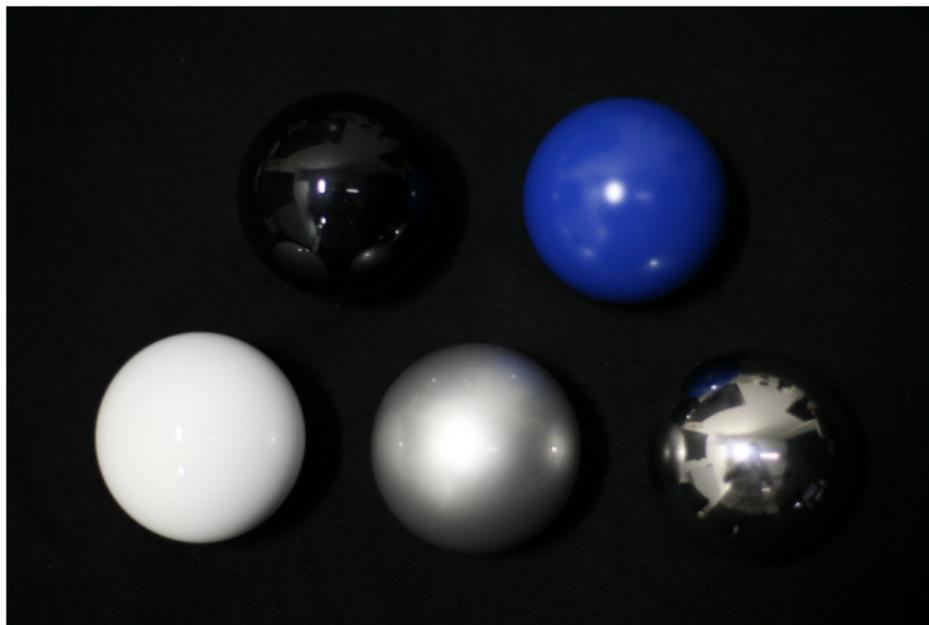
et selon les matières, f_r change, pas son utilisation.

comment représenter les différents aspects ?

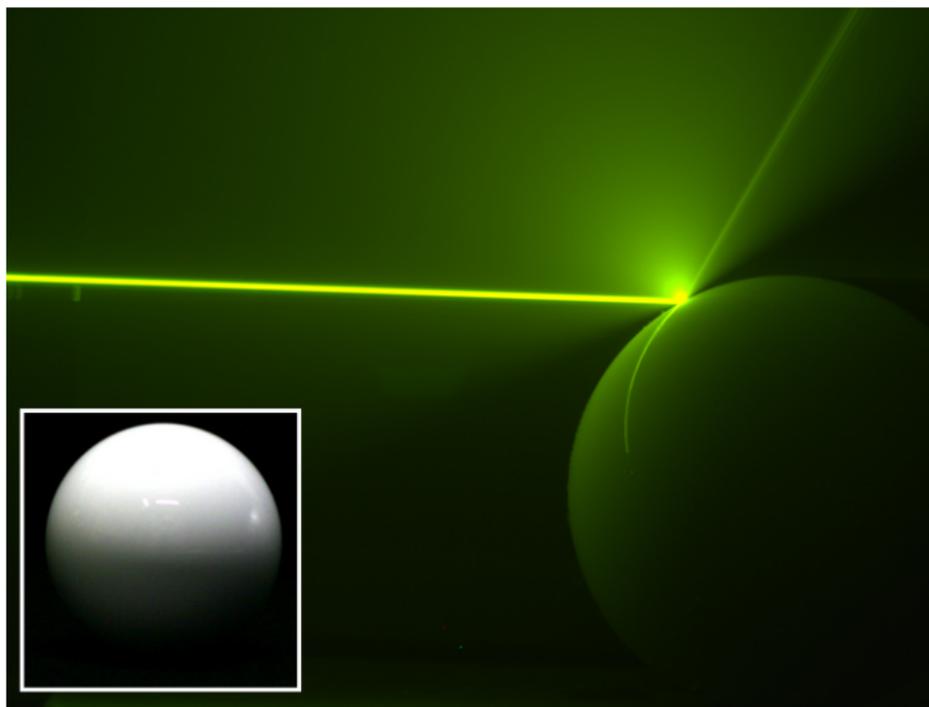
et alors ?

- ▶ on peut observer et proposer un modèle qui reproduit à peu près les observations, cf modèles empiriques,
- ▶ on peut mesurer des matières et ajuster des paramètres...
- ▶ on peut aussi regarder ce que prédisent la physique et l'optique... cf modèles plausibles / PBR

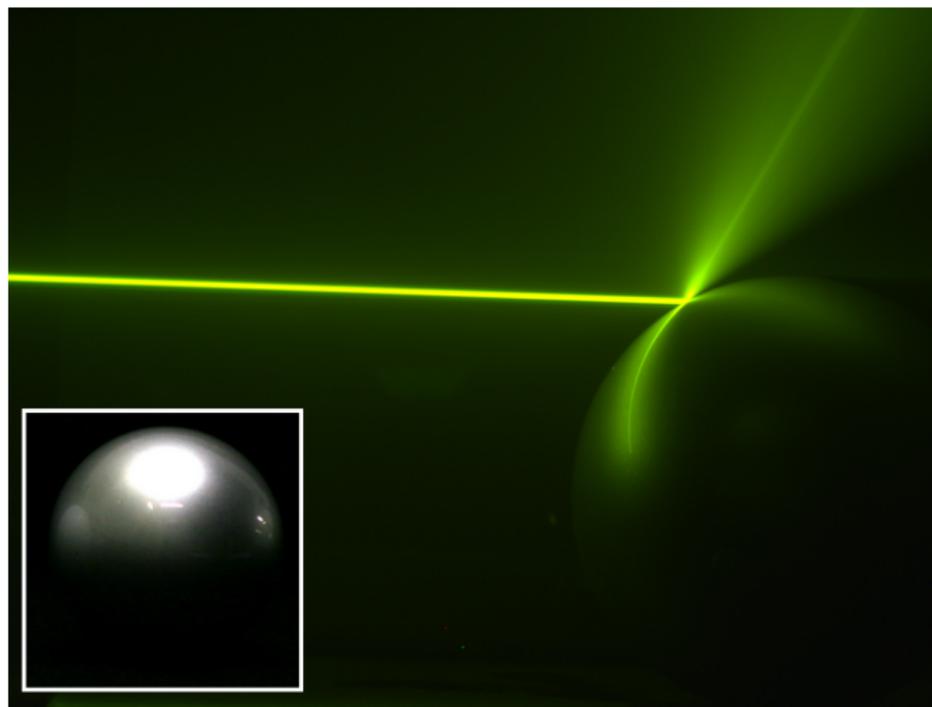
observations



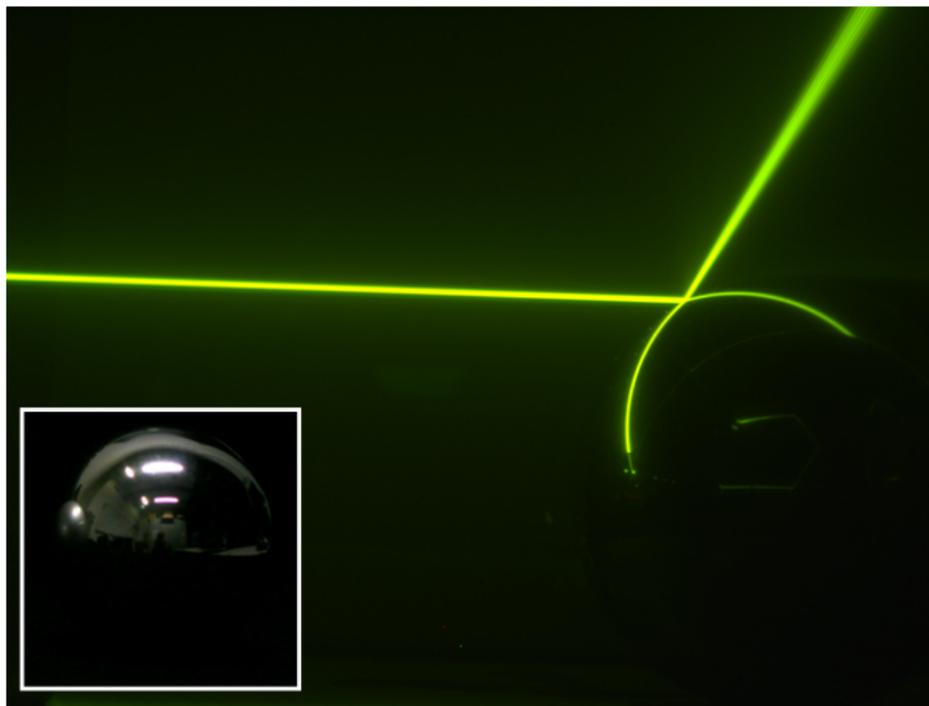
exemple : reflet 1



exemple : reflet 2



exemple : reflet 3

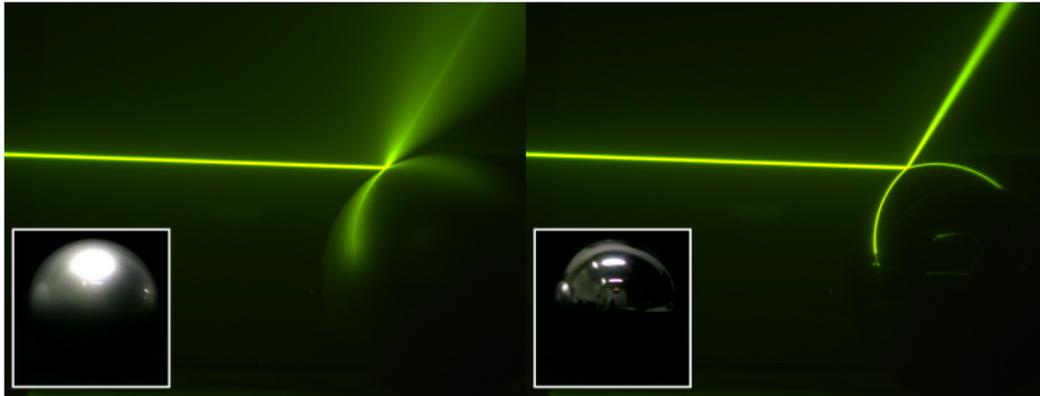


reflets sur une surface matte

$$f_r(p, \vec{n}, \vec{o}, \vec{l}) = \frac{k}{\pi}$$

oui, c'est une constante... cf Lambert, 1760

reflets sur une surface (plus ou moins) rugueuse



reflets sur une surface (plus ou moins) rugueuse

plusieurs essais :

- ▶ Phong en 1975,
- ▶ Blinn (en 1976) modifie le modèle proposé par Phong,
- ▶ comment concentrer plus ou moins les reflets autour de la direction miroir ?
- ▶ et comment rester cohérent avec la physique / l'optique ?

et avec une fonction facile et rapide à calculer...

reflets sur une surface (plus ou moins) rugueuse

$$f_r(p, \vec{n}, \vec{o}, \vec{l}) = \frac{k+8}{8\pi} (\cos \theta_h)^k$$

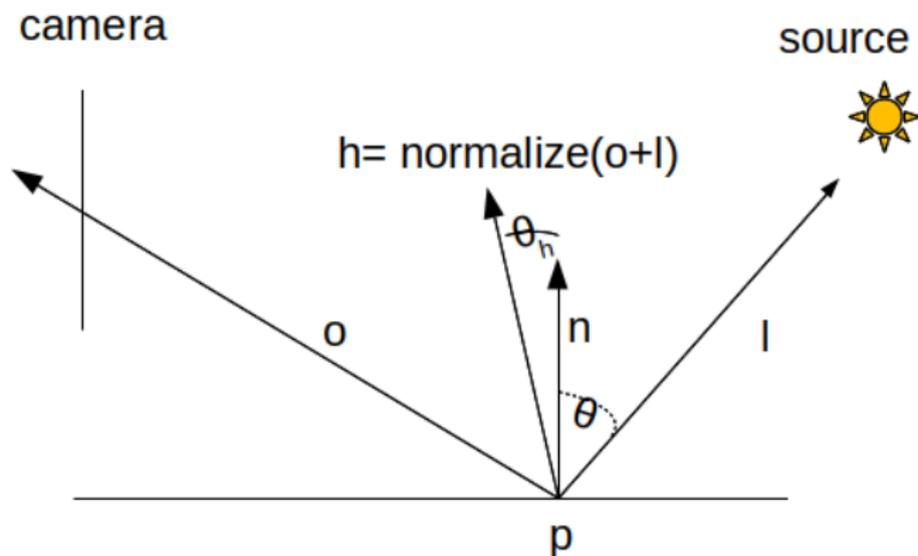
- ▶ avec $0 < k < 4000$, pour contrôler les reflets,
- ▶ $\vec{h} = (\vec{o} + \vec{l}) / \|\vec{o} + \vec{l}\|$
- ▶ et θ_h : angle entre \vec{n} et \vec{h} ,
- ▶ $(k+8)/(8\pi)$? cf [doc gkit](#)

\vec{h} ?

pourquoi pas la normale ?

- ▶ \vec{h} est le bissecteur de \vec{o} et \vec{l} , pourquoi ?
- ▶ \vec{h} représente la direction pour produire un reflet entre \vec{o} et \vec{l} ...

notation



et sinon ?

on peut aussi regarder les résultats prédits par la physique :

- ▶ par exemple, les équations de Fresnel en 1820...
- ▶ mais ces résultats ne sont pas suffisants, ils ne sont utilisables que sur des interfaces lisses...
- ▶ pour créer des reflets moins concentrés, il va falloir perturber l'interface...
- ▶ cf les micro facettes "modernes" [Walter 2007](#)
- ▶ et le grand nettoyage fait par Disney en [2012](#) et [2015](#),
- ▶ "Principled BRDF" / Disney BRDF
paramètres metal / rugosité / couleur

la suite dans la [doc gkit](#)

et sinon ?

en résumé : métaux vs le reste !

- ▶ métal : uniquement une réflexion (colorée) en surface, reflet spéculaire,
- ▶ non-métal / diélectrique : réflexion (neutre) en surface + diffusion (colorée) dans la matière

oui, c'est prédit par Fresnel depuis 1820, cf [doc gkit](#)

et sinon ?



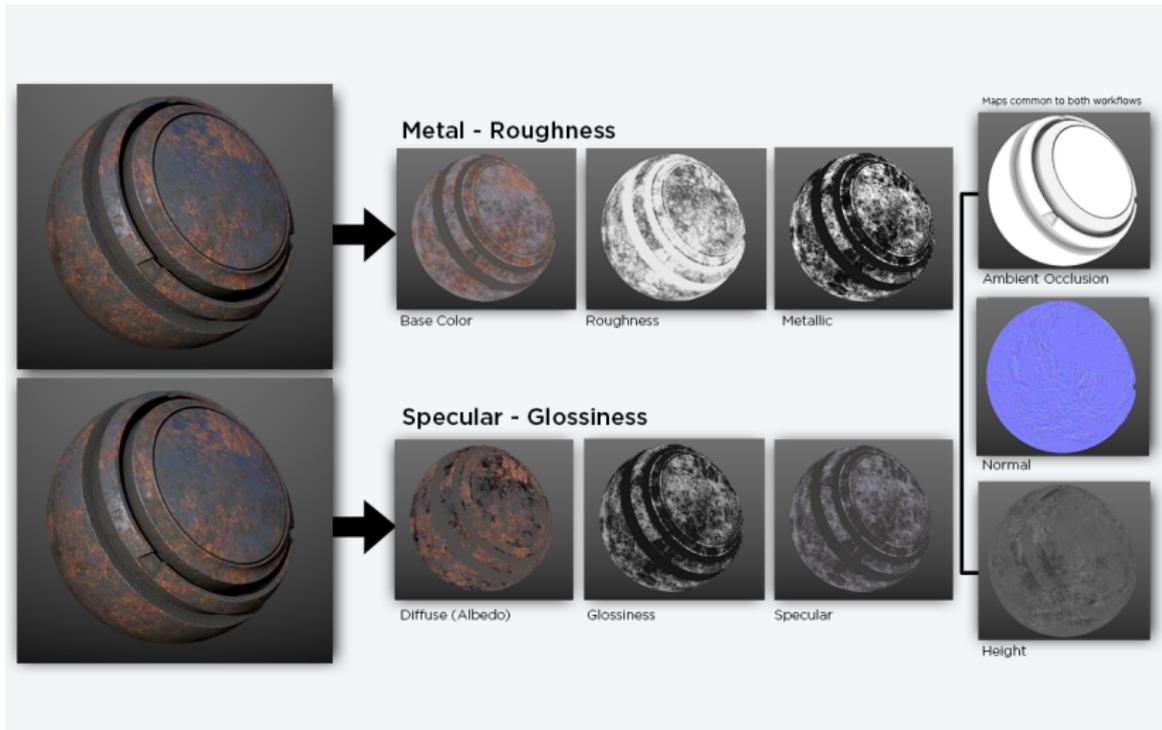
et sinon ?

mélange de plusieurs comportements :

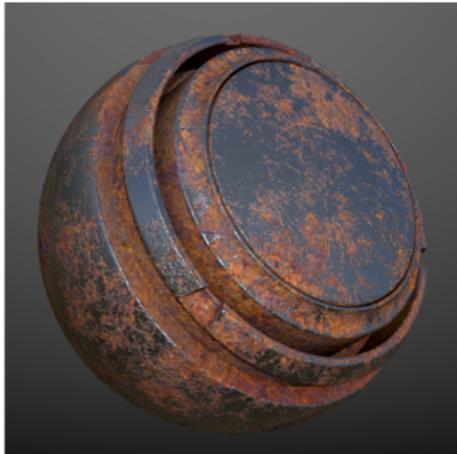
- ▶ miroir métallique lisse / poli : pas de diffus + réflexion spéculaire avec Fresnel,
- ▶ miroir métallique dépoli : pas de diffus + Blinn-Phong ou micro-facettes,
- ▶ le reste : diffus parfait (Lambert) + éventuellement Fresnel (miroir) ou Blinn-Phong / micro-facettes,
- ▶ matières simples toutes propres, on peut aussi vouloir ajouter une couche de patine, de poussière, de vernis, etc...

+ stocker les paramètres dans des textures pour avoir des variations sur la surface des objets.

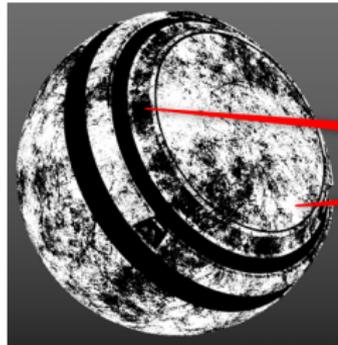
et sinon ?



et sinon ?



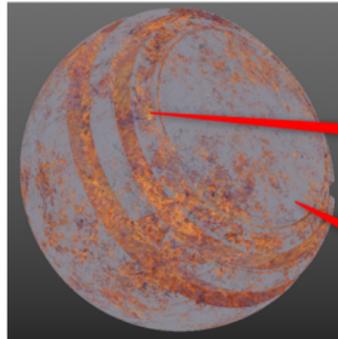
Material



Metallic

Rust (non-metal)

Raw Metal



Base Color

Diffuse Reflected Color

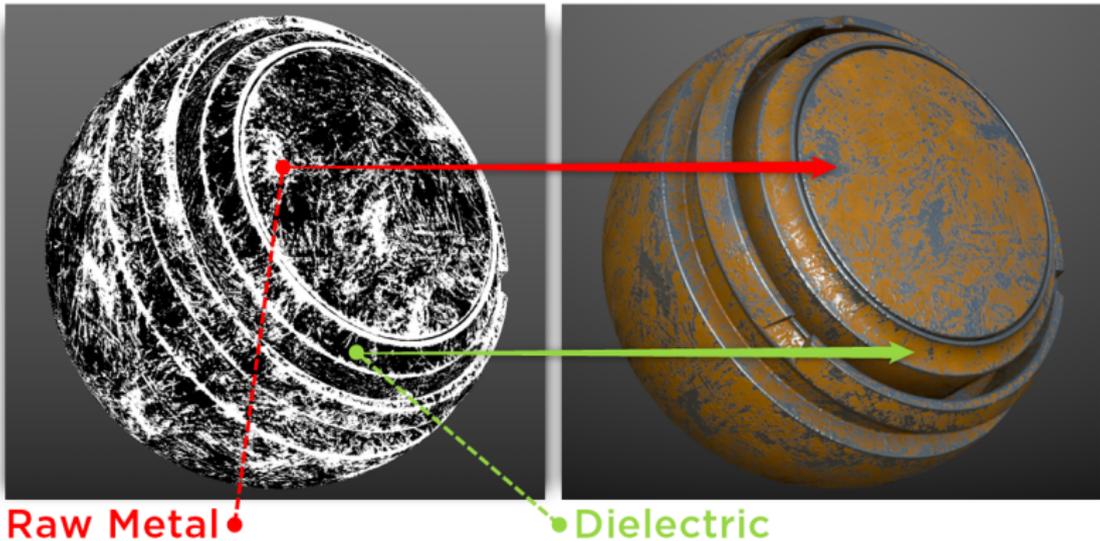


Rust FO



Steel FO

et sinon ?

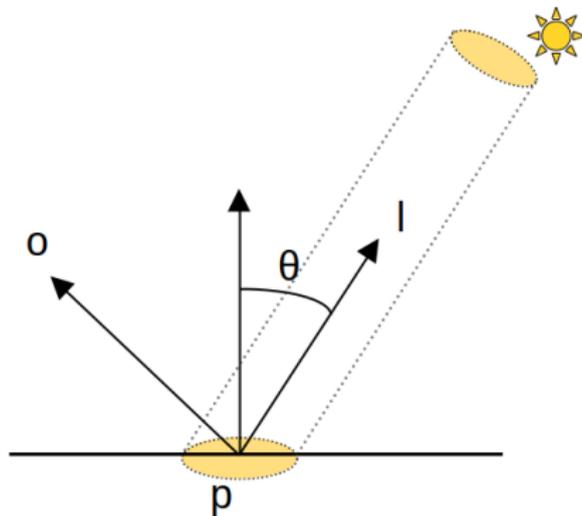


et maintenant ?

calculs ?

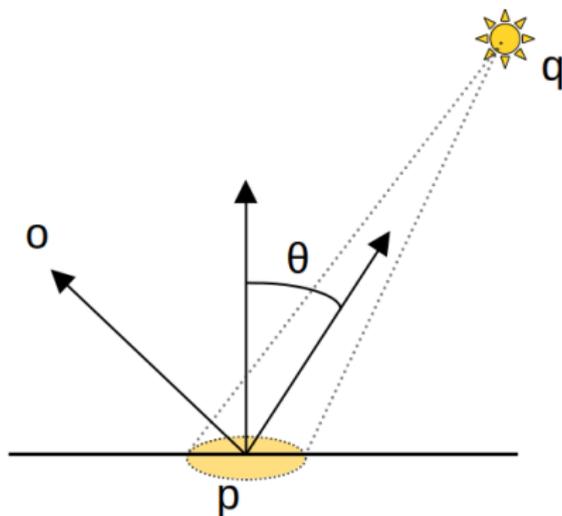
- ▶ en fonction du type de source de lumière :
- ▶ point,
- ▶ direction,
- ▶ surface...

source directionnelle



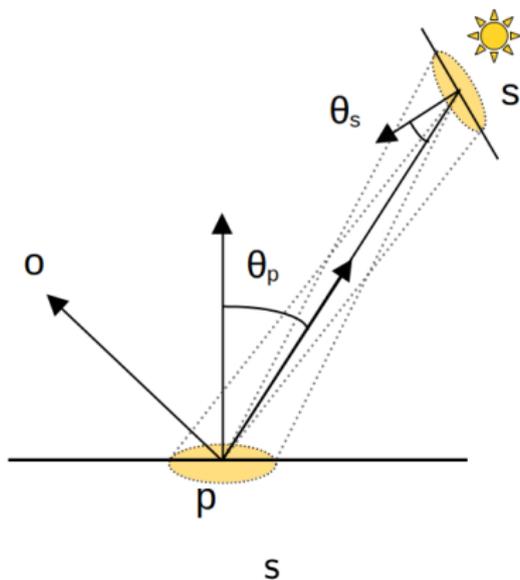
$$L_r(p, \vec{o}) = L_e(-l) V(\vec{l}) f_r(\vec{o}, \vec{l}) \cos\theta$$

source ponctuelle



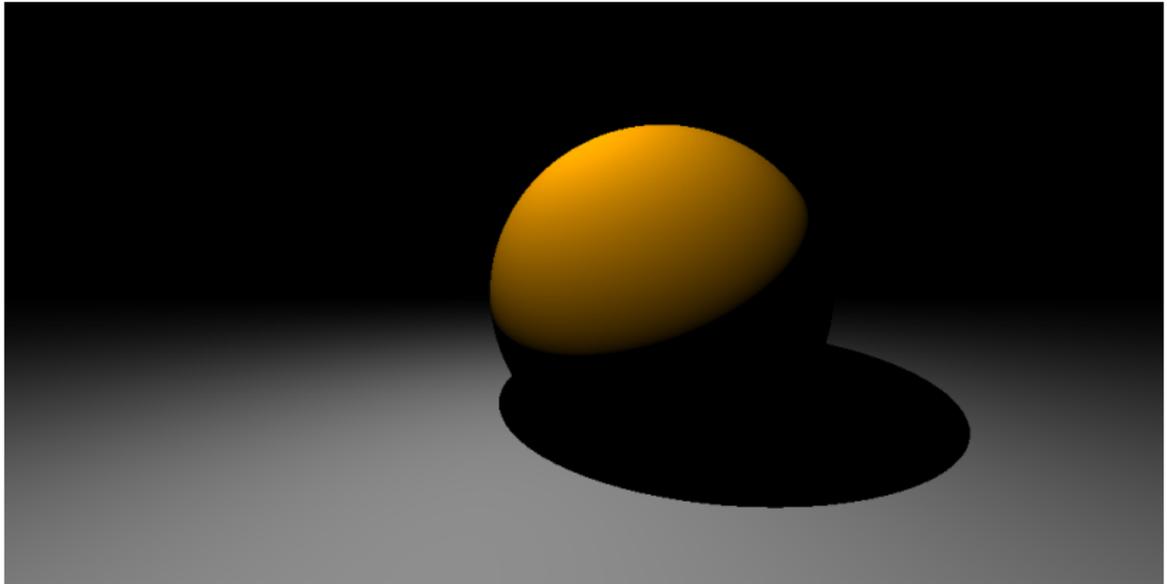
$$L_r(p, \vec{o}) = L_e(q, \vec{q}\vec{p}) \frac{1}{\|pq\|^2} V(p, q) f_r(\vec{o}, \vec{p}\vec{q}) \cos\theta_p$$

source "surfactive"

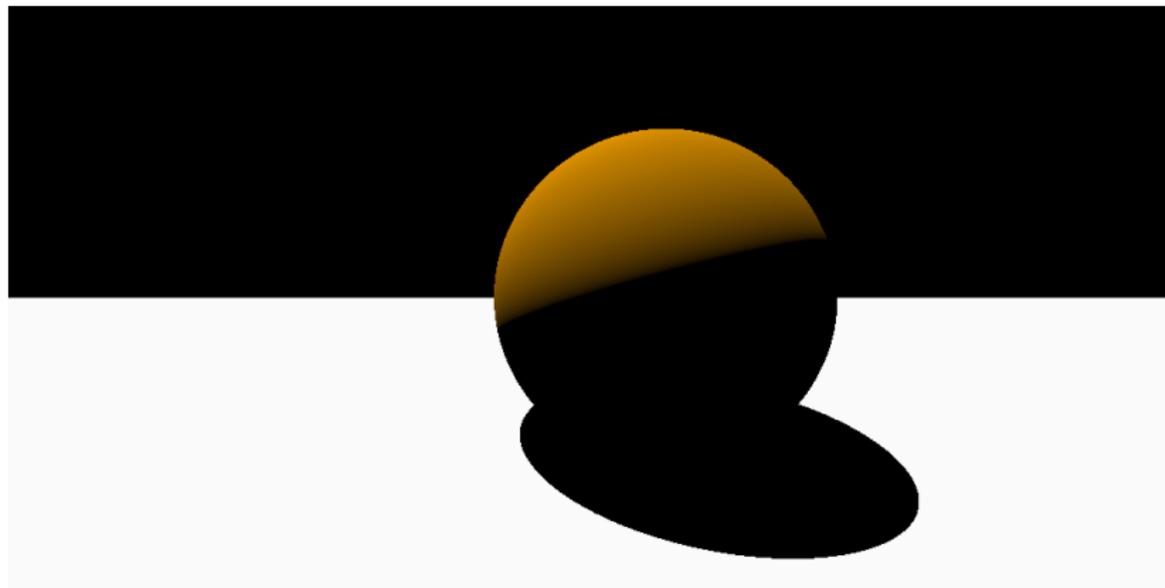


$$L_r(p, \vec{o}) = L_e(s, \vec{s}_p) \frac{\cos \theta_s}{\|ps\|^2} V(p, s) f_r(\vec{o}, \vec{p}_s) \cos \theta_p$$

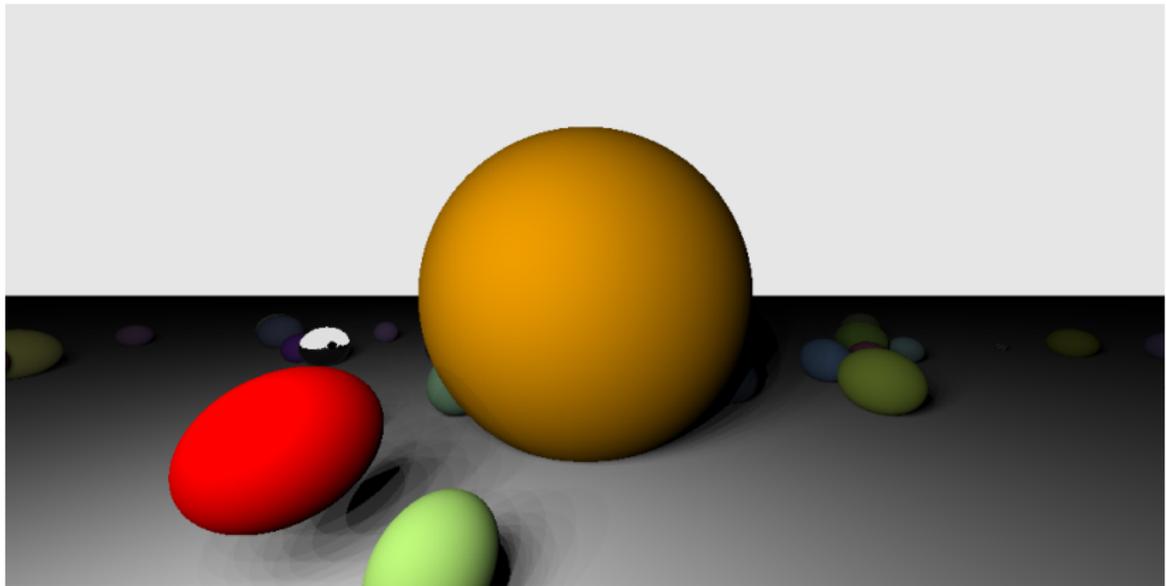
et alors ?



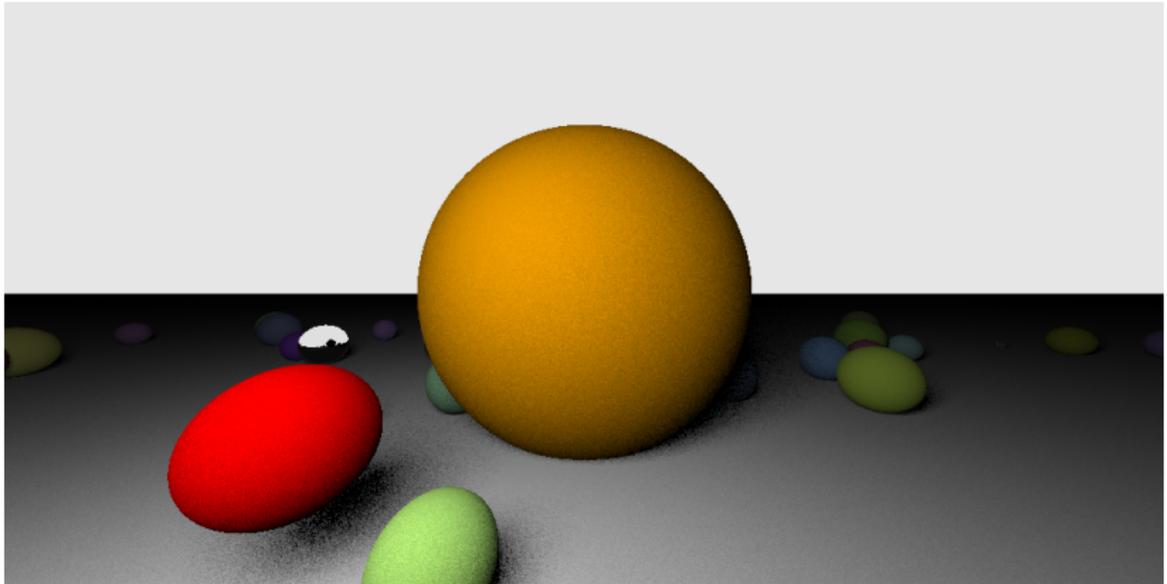
et alors ?



et alors ? avec 16 sources sur une grille



et alors ? avec 16 sources aléatoires dans la grille



et alors ? avec 64 directions aléatoires

