

M1-Images

lumière et matières

J.C. lehl

March 28, 2017

lumière et matières

exemple de matières :

- ▶ quelles catégories de matières ?
- ▶ comment représenter chaque catégorie ?
- ▶ comment calculer l'apparence de chaque catégorie ?

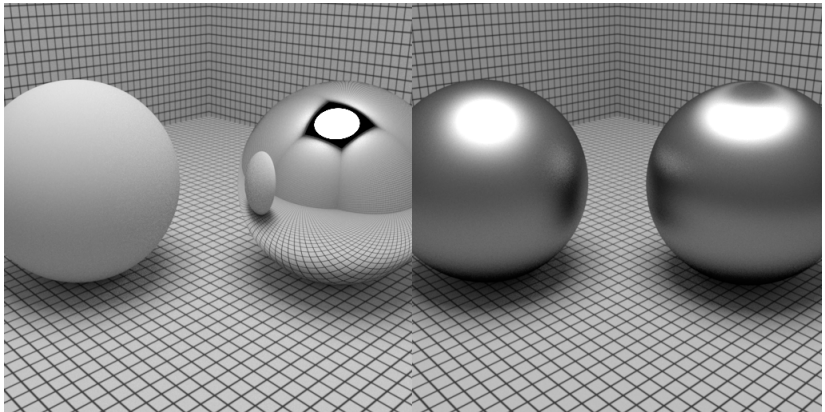
exemples...

catégories

matières élémentaires :

- ▶ uniforme,
- ▶ diffuse,
- ▶ réfléchissante,
- ▶ texturée / colorée,
- ▶ miroir / transparente,
- ▶ lisse / rugueuse ?

uniforme diffus / miroir



réfléchissant / miroir / transparent

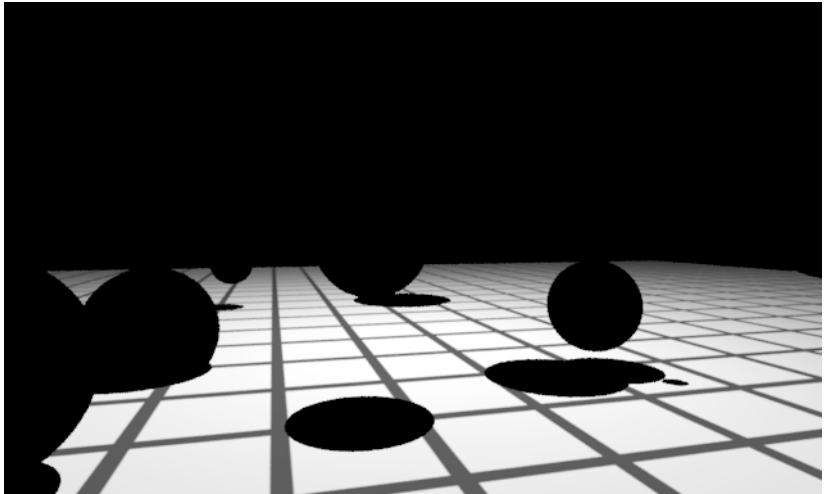
- ▶ quelle est la couleur d'un miroir ?
- ▶ quelle est la couleur d'un objet transparent ?

séparation :

- ▶ modèle *local* : dépend uniquement de la matière et des sources de lumières,
- ▶ modèle *global* : dépend aussi des objets environnants.

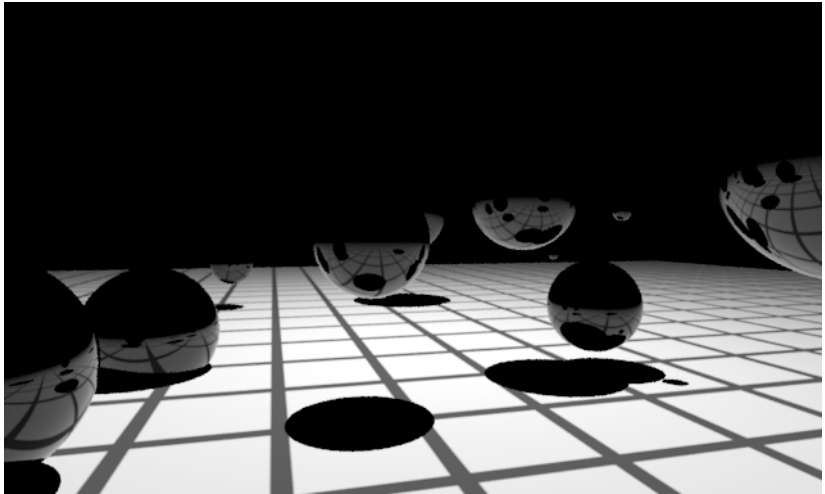
Introduction
matière diffuse
matière réfléchissante
en pratique
et en réalité ?

modèle *global*



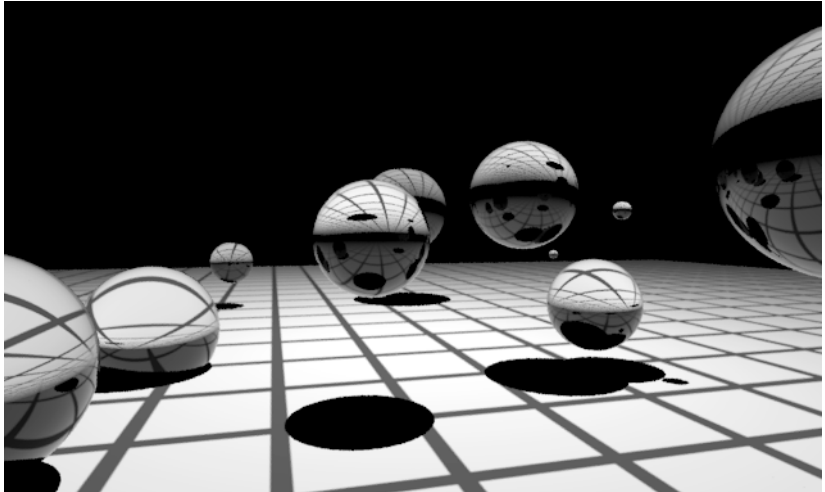
Introduction
matière diffuse
matière réfléchissante
en pratique
et en réalité ?

modèle *global*



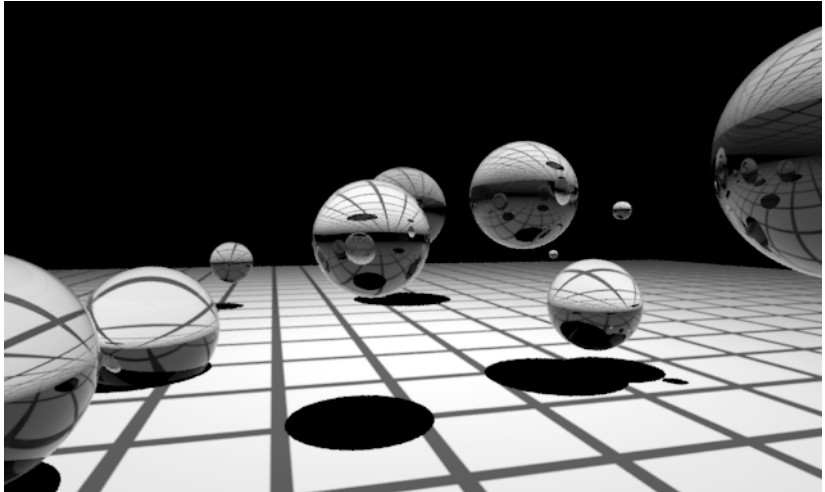
Introduction
matière diffuse
matière réfléchissante
en pratique
et en réalité ?

modèle *global*



Introduction
matière diffuse
matière réfléchissante
en pratique
et en réalité ?

modèle *global*



catégories *locales*

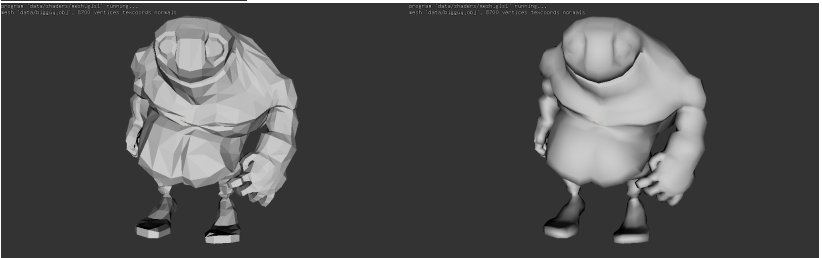
matières élémentaires *locales* :

- ▶ uniforme,
- ▶ diffuse,
- ▶ rugueuse,
- ▶ texturée / colorée,

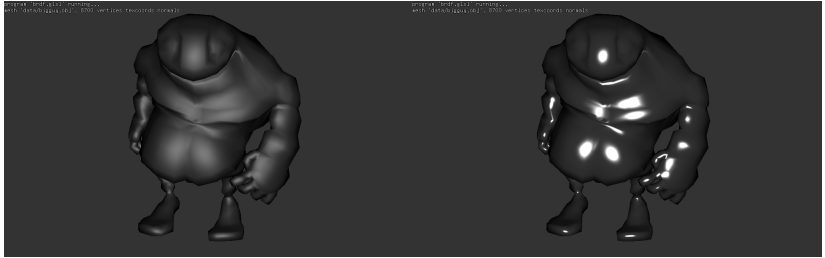
les autres types de matières demandent des calculs plus importants pour obtenir une apparence correcte...

(pour trouver les objets qui se réfléchissent dans celui que l'on observe)

exemples :

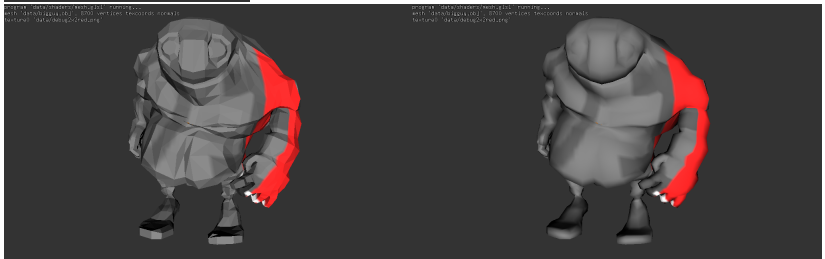


exemples (comportement réfléchissant):



Introduction
matière diffuse
matière réfléchissante
en pratique
et en réalité ?

exemples :



et alors ?

comment décrire une matière ?

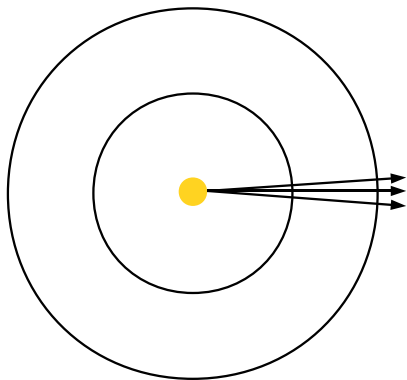
- ▶ comment se réfléchit la lumière sur un objet composé de cette matière ?
- ▶ dépend de la position et de la distance de la lumière,
- ▶ dépend de la position de l'observateur,
- ▶ et de la matière...

et alors ?

plus la source est loin :

- ▶ moins de lumière arrive en chaque point de l'objet
- ▶ la lumière émet un *flux*, et plus l'objet est loin,
- ▶ moins chaque point reçoit de flux,
- ▶ en fonction du **carré** de la distance,
- ▶ pourquoi ?

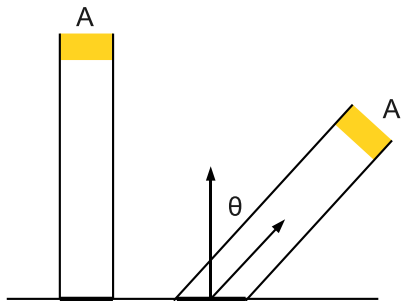
carré de la distance ?



et alors ?

plus la surface est inclinée :

- ▶ moins de lumière arrive en chaque point de l'objet,
- ▶ pourquoi ?



au minimum :

orientation :

- ▶ θ angle entre la normale de la surface et la direction vers la source de lumière.

$$\text{couleur} = \text{emission} \times \cos \theta$$

au minimum :

mais :

- ▶ attention quand la lumière est derrière l'objet...
- ▶ $\theta > 90$ et $\cos \theta < 0$...
- ▶ difficile d'afficher une couleur négative...
- ▶ utiliser plutôt :

$$\text{couleur} = \text{emission} \times \max(0, \cos \theta)$$

rappel : calculer $\cos \theta$

angle et vecteurs :

- ▶ relation entre produit scalaire et cosinus d'un angle :

$$\cos \theta = \frac{\text{dot}(n, l)}{\text{length}(n) \times \text{length}(l)}$$

- ▶ encore plus simple si $\text{length}(n) = 1$ et $\text{length}(l) = 1$:

$$\cos \theta = \text{dot}(n, l)$$

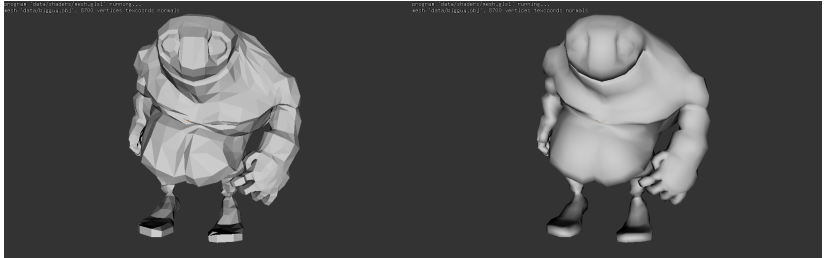
rappel : *normalize*(*v*) renvoie un vecteur de longueur 1...

au minimum :

matière diffuse :

- ▶ `vec3 emission; // flux / couleur emis par la source`
- ▶ `vec3 L; // direction vers la source`
- ▶ `vec3 N; // normale de la surface`
- ▶ `vec3 l= normalize(L);`
- ▶ `vec3 n= normalize(N);`
- ▶ `vec3 color= max(0, dot(n, l)) × emission;`

résultat :



d'où viennent les normales ?

rappel : pipeline graphique

- ▶ les normales sont définies sur les sommets de la surface de l'objet,
- ▶ et sont lues et transformées par le vertex shader,
- ▶ puis interpolées et transmises au fragment shader...

exemple précédent : normales géométriques des triangles ou normales définies par sommet.

si les normales sont mal calculées / mal orientées, objet noir...

remarque : sur les normales

l'aspect de l'objet change complètement :

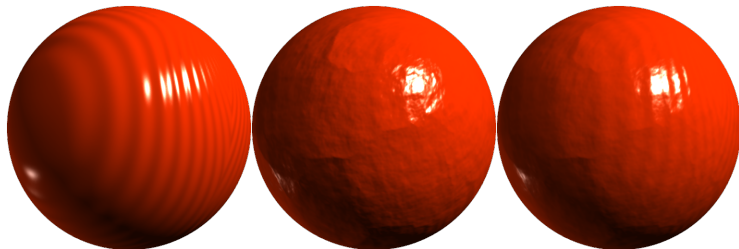
- ▶ selon les normales utilisées...
- ▶ la surface apparaît lisse, alors qu'elle est réellement triangulée...
- ▶ on peut jouer avec les normales ?

réponse courte : oui.

bump mapping / normal mapping

perturber les normales, pixel par pixel :

- ▶ modifie l'apparence de la surface...



reflets...

comment décrire la forme d'un reflet ?

- ▶ solution historique : modèle de Phong (1975), reflet toujours circulaire,
- ▶ solution correcte : modèle Blinn-Phong (1976), le reflet s'allonge en fonction de la direction...
- ▶ solution actuelle : modèle Cook-Torrance (1985) + orientations GGX + normalisation Smith (2014), utilisée par Disney, Weta, ILM, Unreal, Unity, Frostbite, etc.

dépend à la fois de la direction vers la lumière et vers l'observateur.
pourquoi ?

pour les curieux :

un peu de lecture :

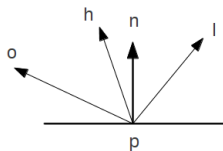
- ▶ "Microfacet models for refraction through rough surfaces"
B. Walter, S.R. Marschner, H. Li, K.E. Torrance, 2007
- ▶ "Understanding the Masking-Shadowing Function in
Microfacet-Based BRDFs"
E. Heitz, 2014
- ▶ "Extending the Disney BRDF to a BSDF with Integrated
Subsurface Scattering"
résumé par Disney, B. Burley, 2015

reflet : en pratique...

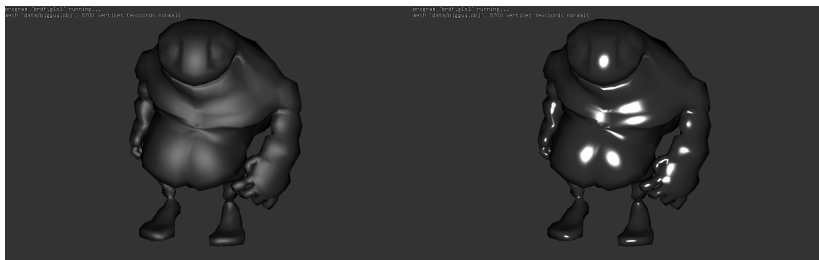
solution simple : Blinn-Phong

- ▶ avec h vecteur bissecteur de l et o , θ_h angle entre h et la normale, θ angle entre la normale et l ,
- ▶ et K force du reflet :

$$\text{couleur} = \frac{K + 1}{2\pi} \text{pow}(\cos \theta_h, K) \times \max(0, \cos \theta) \times \text{emission}$$



exemples :



(à gauche) $K=10$, (à droite) $K=100$

en pratique :

mélange des 2 :

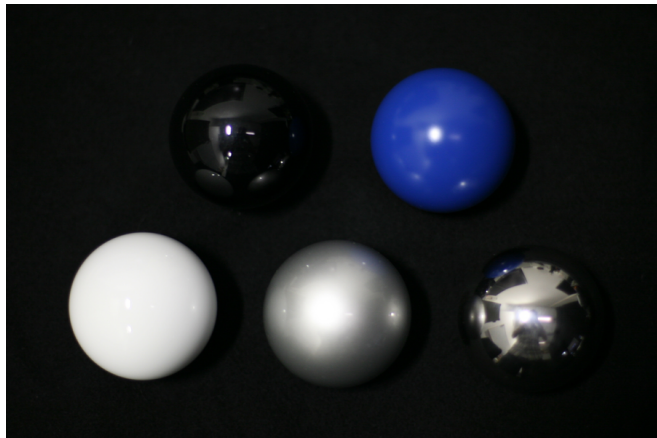
- ▶ une matière réelle, n'est ni parfaitement diffuse,
- ▶ ni parfaitement réfléchissante,
- ▶ = moyenne (pondérée) des 2 comportements élémentaires.
- ▶ k_d : poids de la partie diffuse,
- ▶ $k_s = 1 - k_d$: poids de la partie réfléchissante.

en pratique :

Blinn-Phong :

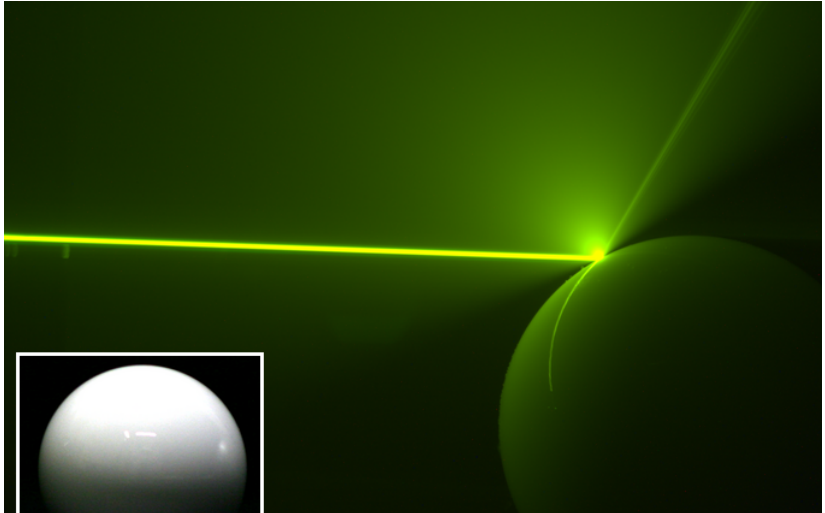
$$\text{couleur} = \text{emission} \times \max(0, \cos \theta) \times \left((k_d/\pi + k_s \frac{K+1}{2\pi} \text{pow}(\cos \theta_h, K)) \right)$$

mesure de la réflexion de la lumière par une matière

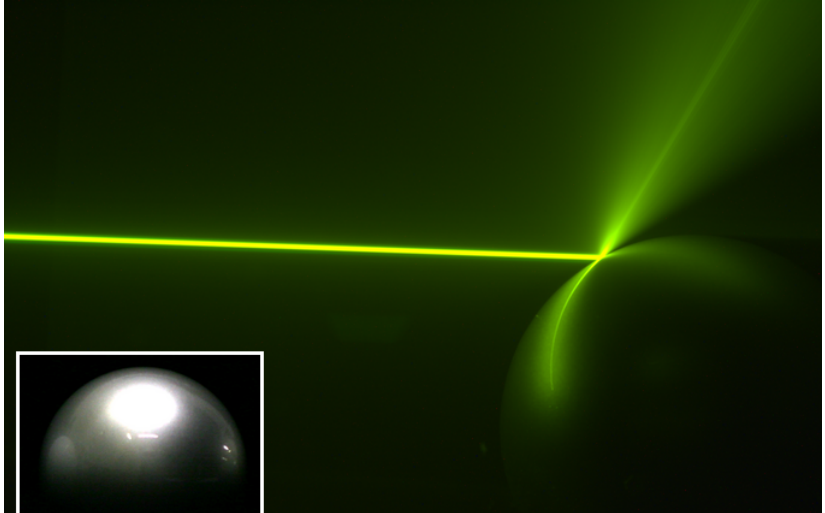


"Direct Visualization of Real-World Light Transport" 2008

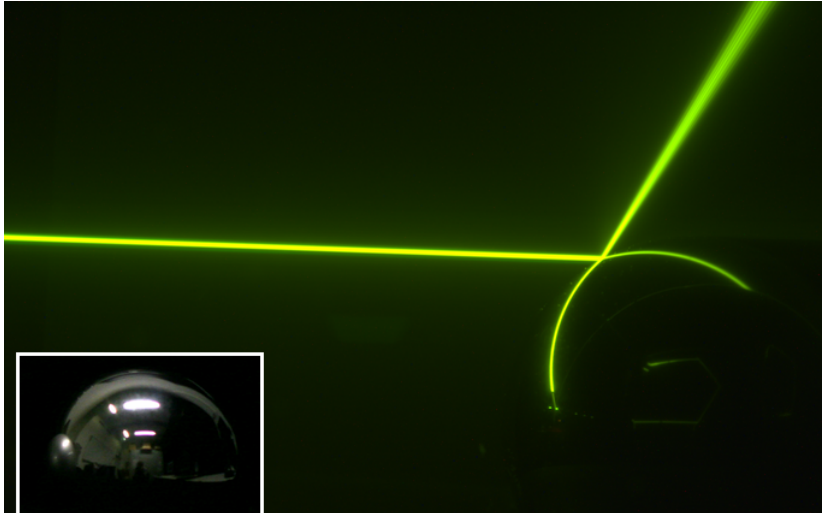
exemple 1 :



exemple 2 :



exemple 3 :



modèle de reflectance

fonction notée $f_r(l, o)$:

- ▶ représente la fraction de lumière incidente (direction l) réfléchié dans la direction o
- ▶ utilisation :

$$\text{couleur} = \text{emission} \times f_r(l, o) \cos \theta$$

exemple :

- ▶ matière diffuse $f_r(l, o) = k_d / \pi$
- ▶ matière réfléchissante $f_r(l, o) = k_s \frac{K+1}{2\pi} \text{pow}(\cos \theta_h, K)$