

IFT3355: Infographie

Sujet 6: shading 7 (illumination *globale* 4)

Derek Nowrouzezahrai

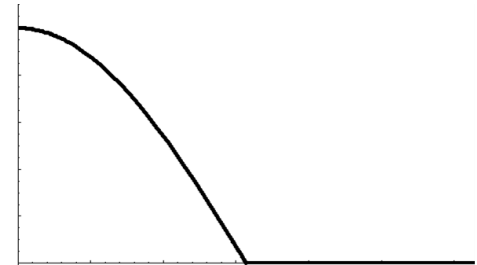
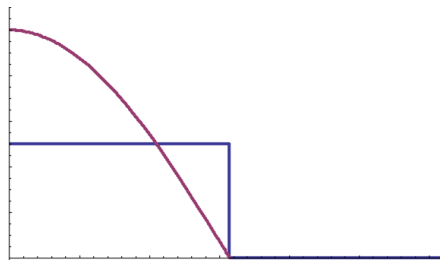
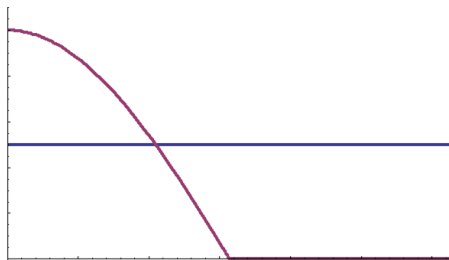
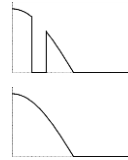
Département d'informatique et de recherche opérationnelle

Université de Montréal



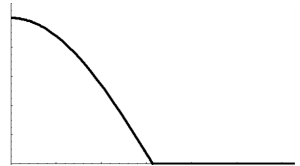
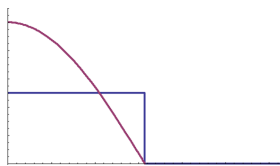
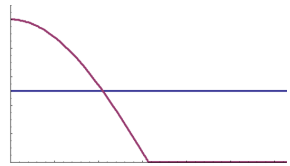
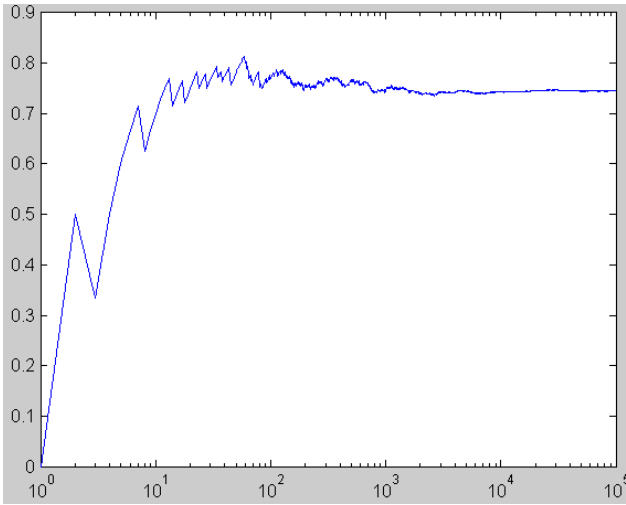
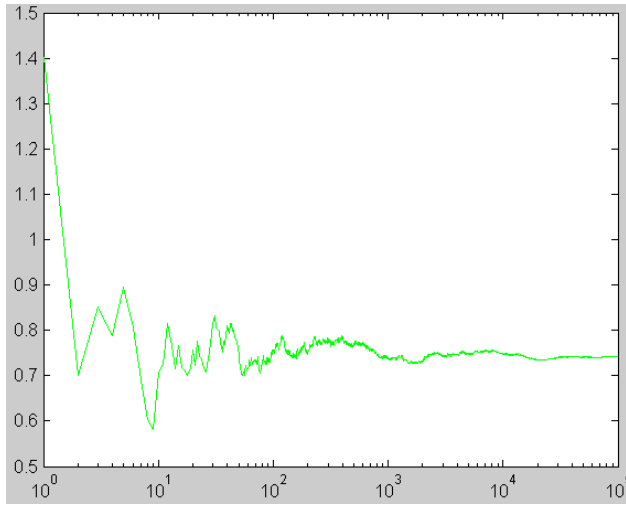
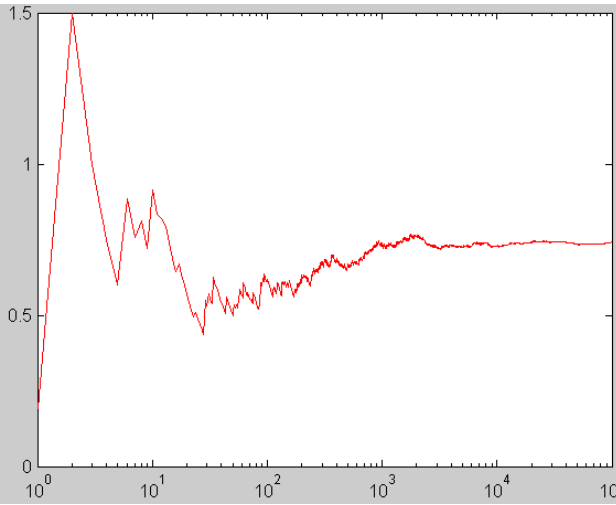
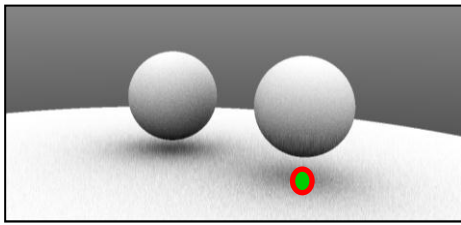
Ambient Occlusion – expériment numérique

- Comme notre ancien exemple en 1D, on peut étudier la convergence de nos différents estimateurs en fonction du nombre d'échantillons
- On va considérer deux exemples:
 - un point où $V(x, \vec{\omega}) \neq 1, \forall \vec{\omega}$
 - un point où $V(x, \vec{\omega}) = 1, \forall \vec{\omega}$, et
- Pour chaqu'un de ces exemples nous allons tracer la convergence pour chaqu'un de nos estimateurs:



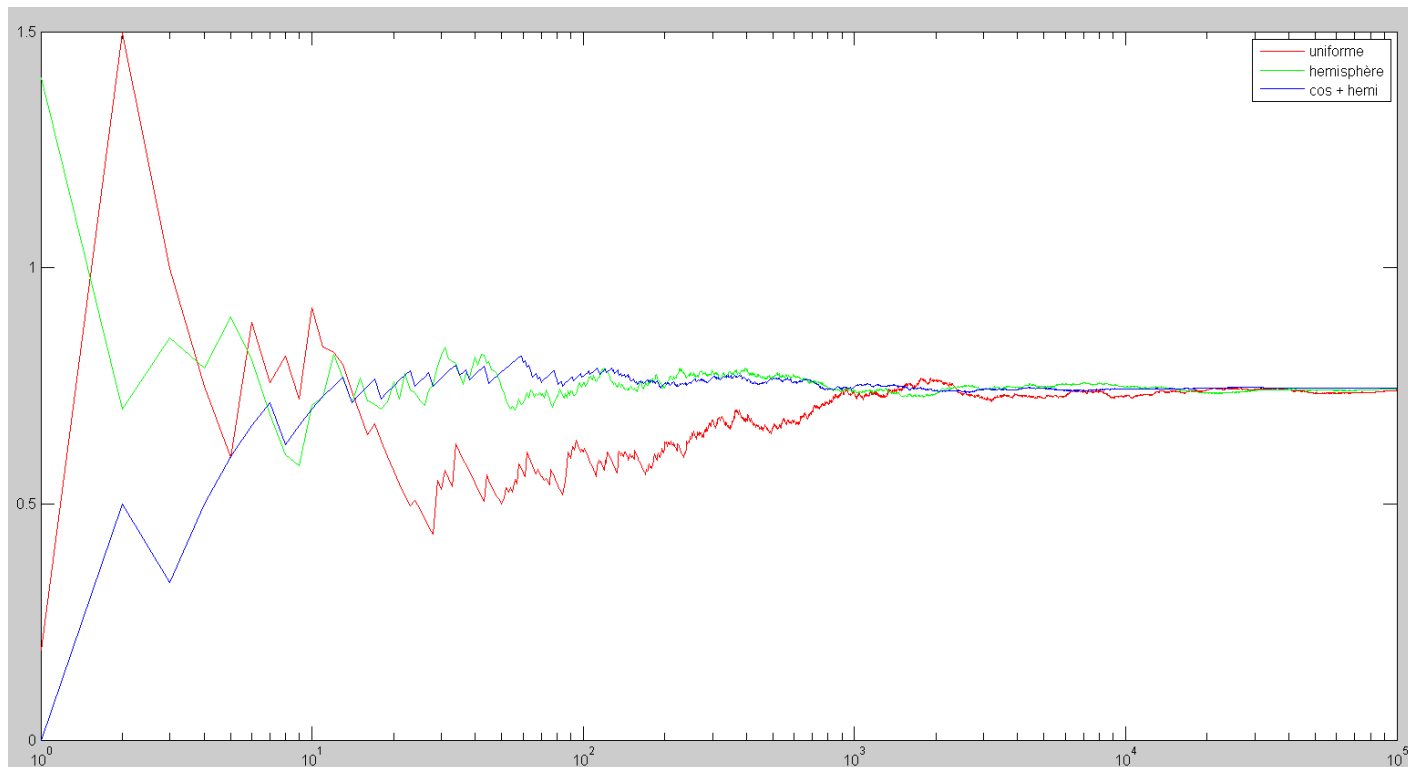
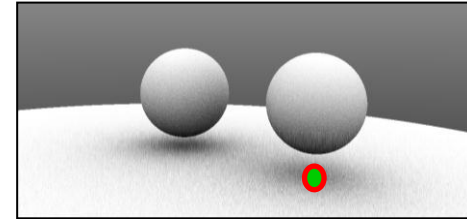
Ambient Occlusion – expériment 1: $V(x, \vec{\omega}) \neq 1$

- Pour cet premier expériment on peut simplement tracer la valeur d'ambient occlusion pour un point dans notre scène



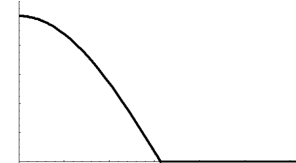
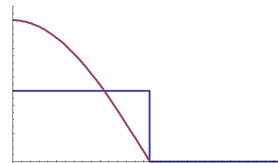
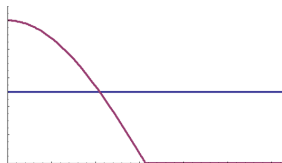
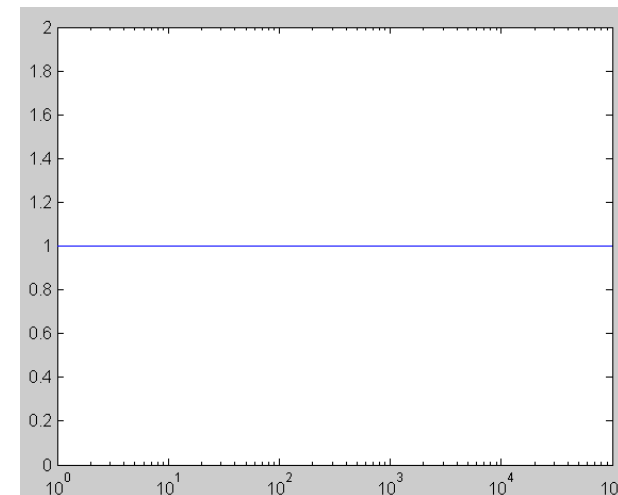
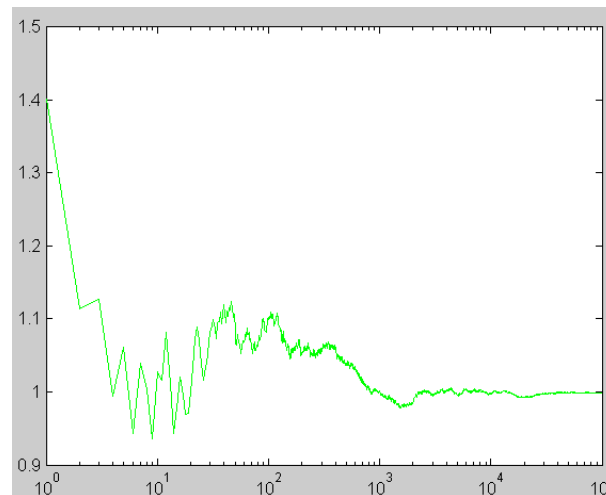
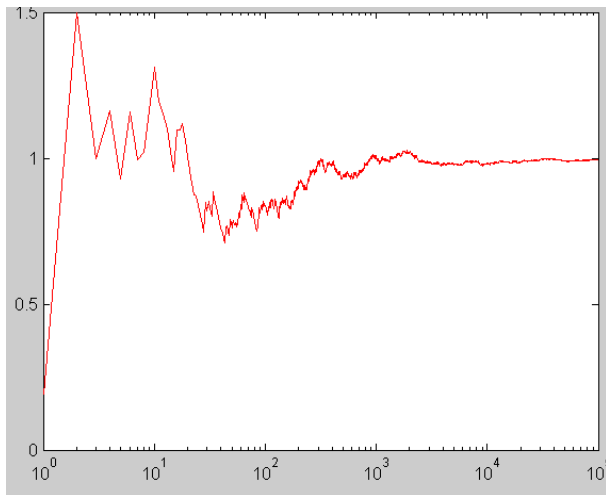
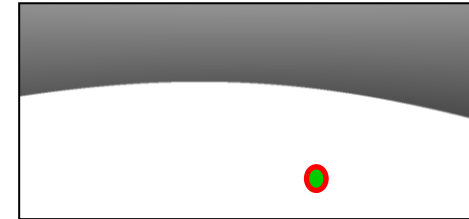
Ambient Occlusion – expérience 1: $V(x, \vec{\omega}) \neq 1$

- Pour cet premier expérience on peut simplement tracer la valeur d'ambient occlusion pour un point dans notre scène



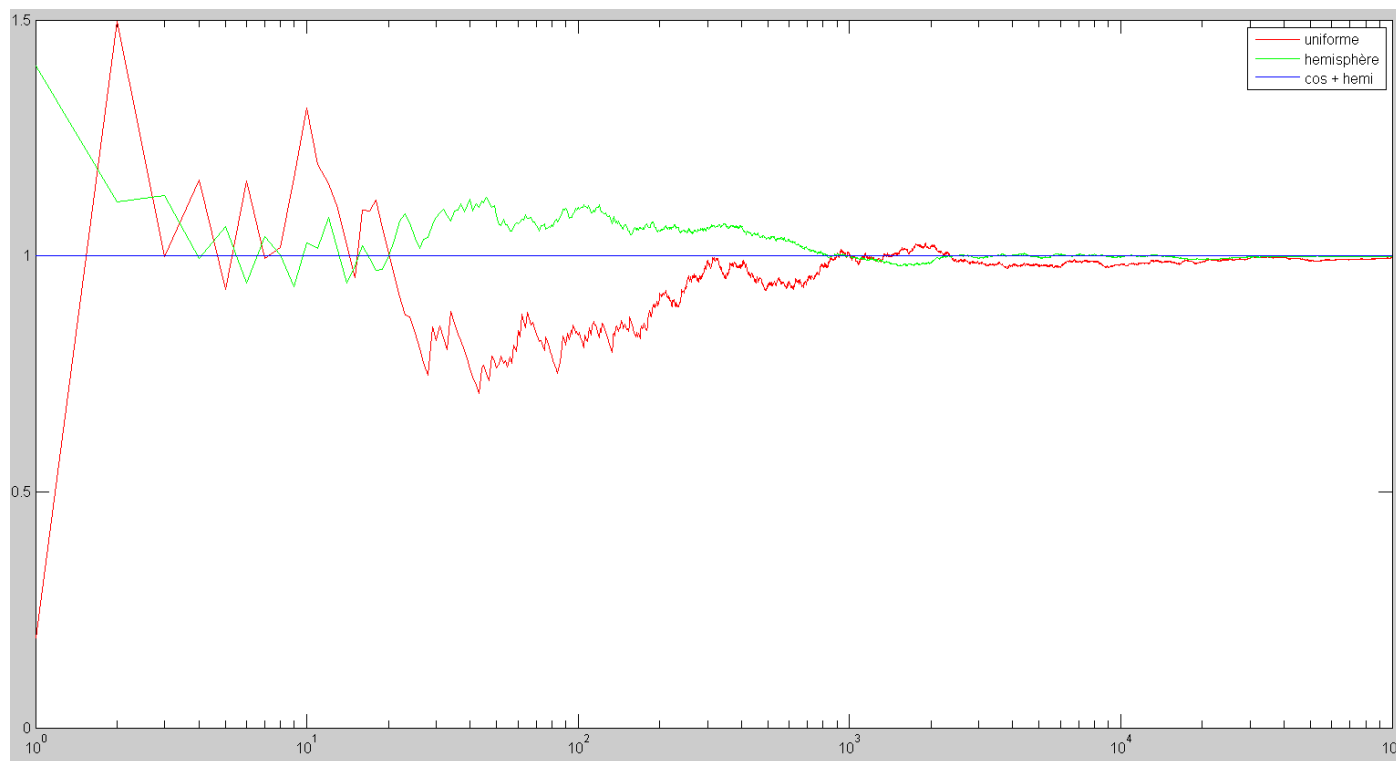
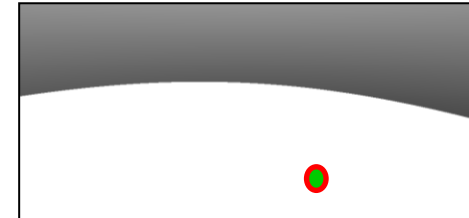
Ambient Occlusion – expériment 2: $V(x, \vec{\omega}) = 1$

- Pour cet premier expériment on peut simplement tracer la valeur d'ambient occlusion pour un point dans une scène simplifiée



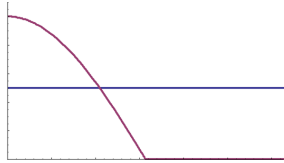
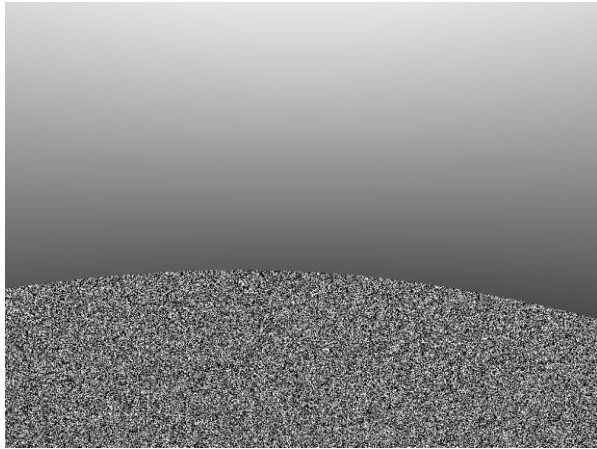
Ambient Occlusion – expérience 2: $v(x, \vec{\omega}) = 1$

- Pour cet premier expérience on peut simplement tracer la valeur d'ambient occlusion pour un point dans une scène simplifiée

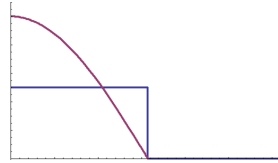
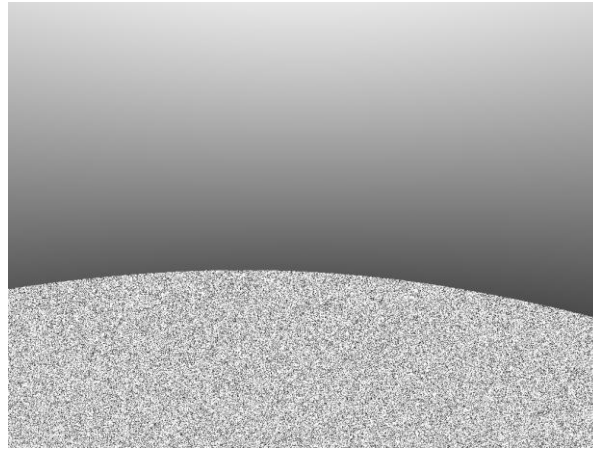


Ambient Occlusion – expériment 2: $v(x, \vec{\omega}) = 1$

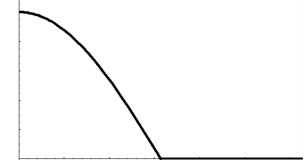
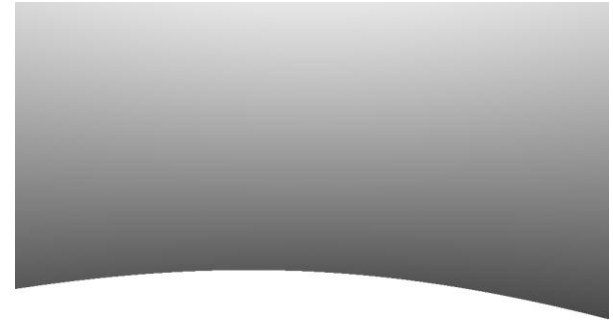
- Ça correspond à quoi visuellement?



$N = 1$



$N = 1$



$N = 1!$



Survol:

reflection occlusion + les environnements lumineuses

- On continue avec l'équation d'illumination directe

$$L_o(x, \vec{\omega}_o) = \int_{\Omega} L_{in}(x, \vec{\omega}) V(x, \vec{\omega}) f_r(x, \vec{\omega}, \vec{\omega}_o) d\vec{\omega}$$

en appliquant plusieurs différentes suppositions

- Souvenez qu'avec l'*ambient occlusion* on a supposé que
 - $L_{in}(x, \vec{\omega}) = 1 \rightarrow$ la seule source d'illumination est uniforme
 - $f_r(x, \vec{\omega}, \vec{\omega}_o) = \frac{\max(\vec{n}_x \cdot \vec{\omega}, 0)}{\pi} \rightarrow$ matériaux exclusivement diffus (avec $k_d = 1$)
- Les prochaines deux applications démontreront comment:
 1. simuler des objets non-Lambertienne (ex: différent f_r)
 2. traiter des sources de lumières plus complexes (ex: L_{in} non-uniforme)



De côté: définition formelle de $f_r(x, \vec{\omega}, \vec{\omega}_o)$

- f_r est le **bidirectional reflectance distribution function (BRDF)**, une fonction qui modèle les propriétés de réflectance d'une matérielle (où de plusieurs matériaux combinées)
- À chaque point x le BRDF f_r est une fonction de 4 dimensions:
 - Deux pour les directions de lumière *incident*, et
 - Deux pour les directions de lumière *sortant*
- Les propriétés mathématiques les plus importantes des BRDFs sont:
 1. réciprocité: $f_r(x, \vec{\omega}_{in}, \vec{\omega}_{out}) = f_r(x, \vec{\omega}_{out}, \vec{\omega}_{in})$
 2. conservation d'énergie: $\int_{\Omega_{in}} f_r(x, \vec{\omega}_{in}, \vec{\omega}_o) d\vec{\omega}_{in} \leq 1, \forall \vec{\omega}_o$
 3. positivité: $f_r(x, \vec{\omega}_{in}, \vec{\omega}_{out}) \geq 0, \forall \vec{\omega}_{in} \text{ et } \forall \vec{\omega}_{out}$
- Plusieurs équation analytiques pour f_r existes pour des différentes types de réflexions: diffus, spéculaire (miroir, Phong, etc.), etc.
- On peut aussi utiliser des données tabulées capturées à partir du monde réel: `float f_r[theta_i][phi_i][theta_o][phi_o][couleurs]`



$f_r(x, \vec{\omega}, \vec{\omega}_o)$ Lambertienne

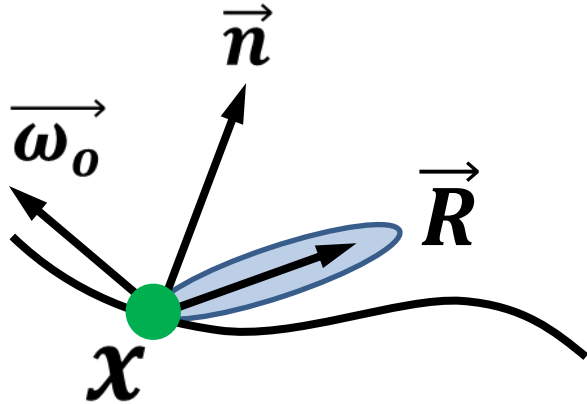
- Peut-être vous avez remarqué le facteur de $\frac{1}{\pi}$ dans notre formulation du BRDF Lambertienne
- Nous avons opportunément ignoré ce facteur de normalisation jusqu'à présent
 - mais maintenant nous pouvons le dériver!
- Le modèle Lambertienne conserve l'énergie parfaitement ($\int_{\Omega_{in}} f_r(x, \vec{\omega}_{in}, \vec{\omega}_o) d\vec{\omega}_{in} = 1$)
- Chaque BRDF doit être normalisé et, si on ne savait pas déjà le facteur de normalisation pour le modèle Lambertienne, on le dérivera en résolvant pour C ci-dessous

$$\int_{\Omega_{in}} C \max(\vec{n}_x \cdot \vec{\omega}_{in}, 0) d\vec{\omega}_{in} = 1$$



$f_r(x, \vec{\omega}, \vec{\omega}_o)$ Phong

- Souvenez le modèle de réflexion Phong



$$f_r(x, \vec{\omega}_{in}, \vec{\omega}_o) \propto \max(\vec{R} \cdot \vec{\omega}, 0)^n$$

- On peut similairement déterminer le facteur de normalisation pour ce modèle en résolvant

$$C \int_{\Omega_{in}} f_r(x, \vec{\omega}_{in}, \vec{\omega}_o) d\vec{\omega}_{in} = 1 \text{ pour } C$$

$$C = \frac{(n+1)}{2\pi} \text{ et } f_r(x, \vec{\omega}_{in}, \vec{\omega}_o) = \frac{(n+1) \max(\vec{R} \cdot \vec{\omega}, 0)^n}{2\pi}$$



Exemple 2: Reflection Occlusion

- *Reflection occlusion* est un effet de shading dérivé du formulation d'illumination directe après l'application de certains suppositions
- Comme l'ambient occlusion on suppose une seule source d'illumination uniforme
- Mais, au lieu de supposer des matériaux exclusivement diffus, reflection occlusion suppose que tous les matériaux respectes le modèle de réflexion de **Phong**

$$L_{ro}(x, \vec{\omega}_o) = \int_{\Omega} \frac{(n + 1) \max(\vec{R} \cdot \vec{\omega}, 0)^n}{2\pi} V(x, \vec{\omega}) d\vec{\omega}$$

- On va dériver des estimateurs Monte Carlo pour calculer cet intégrale

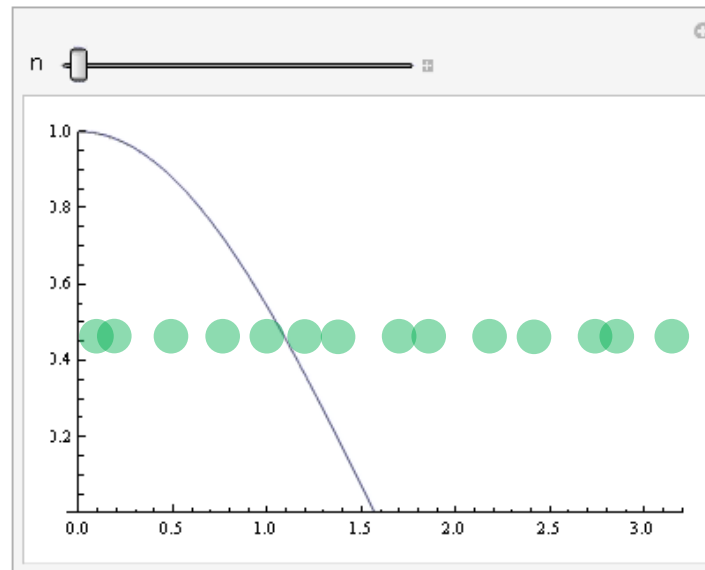


Importance sampling pour reflection occlusion

- Comme toujours on commence avec l'expression de l'estimateur générale pour notre problème:

$$L_{ro}(x, \vec{\omega}_o) \approx \frac{1}{N} \sum_i \frac{(n+1) \max(\vec{R} \cdot \vec{\omega}_i, 0)^n}{2\pi \text{pdf}(\vec{\omega}_i)} V(x, \vec{\omega}_i)$$

- On peut revoir les questions typiques pour l'estimation Monte Carlo: comment choisir le *pdf* et distribuer les échantillons selon notre *pdf*



Reflection Occlusion – Estimateur intelligent

(pdf = distribution hémisphérique + cosinus autour de R levé à n)

- Alors, on va choisir

$$pdf(\vec{\omega}_i) = \frac{(n + 1) \max(\vec{R} \cdot \vec{\omega}_i, 0)^n}{2\pi}$$

et générer les échantillons $\vec{\omega}_i = (\theta_i, \phi_i)$ selon cette distribution:



The screenshot shows a Google search page with the query 'échantillon cosinus phong'. The search results include:

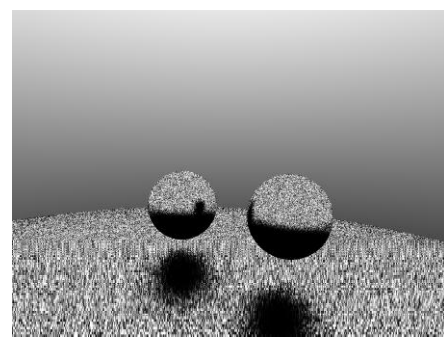
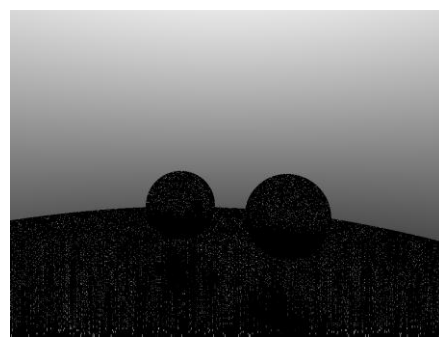
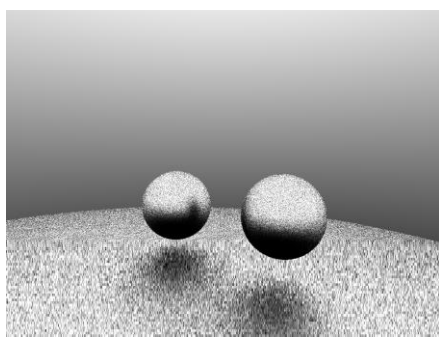
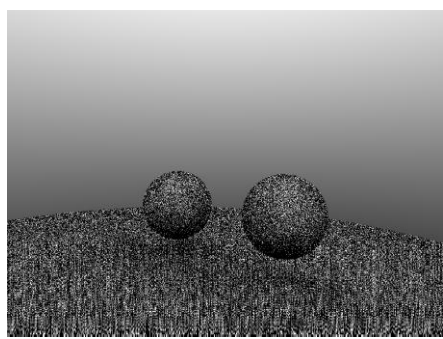
- Tout**: [PDF] [Modèles de matériaux Illumination et ombrage Plan Illumination...](#) 
artis.imag.fr/~Nicolas.Holzschuch/cours/.../CIV01_materials_small.pdf...
Format de fichier: PDF/Adobe Acrobat - [Afficher](#)
Ombrage de Gouraud, ombrage de **Phong**. – Problèmes avec l'... l = la+ lpkd cosB +lp ks (cos α)n. • Plusieurs Peu d'**échantillons** spectraux suffisent ...
- Images**
- Maps**
- Vidéos**
- Actualités**: [Etude de la réflectance de la surface d'objets réels](#) 
domurado.pagesperso-orange.fr/Memoire/
Pour prendre en compte ce phénomène physique, on élève le **cosinus** à une ... On obtient alors l'expression de **Phong** pour la réflectance spectrale et de quelques paramètres (empiriques ou mesurés sur un **échantillon** de surface).
- Shopping**
- Plus**
- Rechercher à proximité de ...**: [Modélisation de la Fonction de Distribution de la Réflectance...](#) 
[www.int.fr/recherches/SIRV/VIS/BRDF/00cs/soutenance.pdf](#)
Format de fichier: PDF/Adobe Acrobat - [Version HTML](#)
cos),,(),,(),,(= Direction d'incidence ou d'éclaircement, angles zénithaux. Direction de

$$L_{ro}(x, \vec{\omega}_o) \approx \frac{1}{N} \sum_i V(x, \vec{\omega}_i)$$



Résultats: *reflection occlusion*

- *pdf* uniforme sur la sphère (naïve)



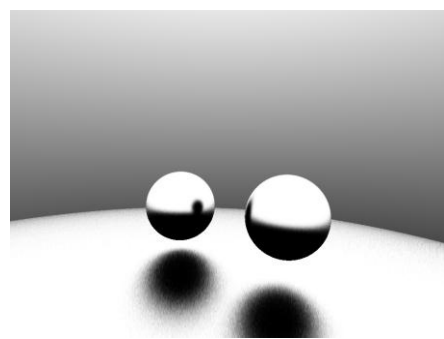
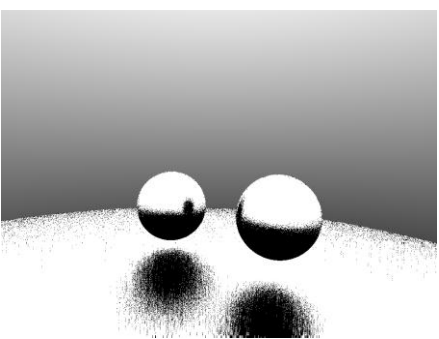
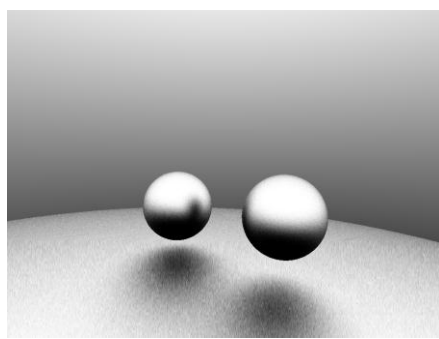
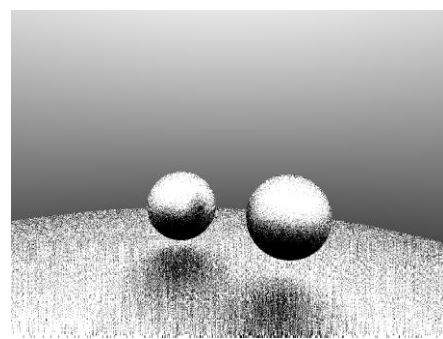
$n = 10; N = 1$

$n = 10; N = 10^2$

$n = 10^2; N = 1$

$n = 10^2; N = 10^2$

- *pdf* distribué selon le cosinus levé à la rugosité



$n = 10; N = 1$

$n = 10; N = 10^2$

$n = 10^2; N = 1$

$n = 10^2; N = 10^2$

