

Illumination et shading

Module : Synthèse d'image

1 ère année Master
Option : Vision Artificielle

Mme S.ZERTAL



Eclairage de la scène et des objets

L'intensité et la couleur d'une surface dépend :

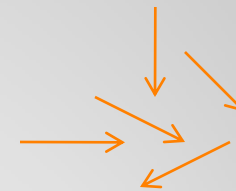
- Des sources de lumière,
- De l'orientation vis-à-vis de ces sources,
- De la position de l'observateur,
- Du type de surfaces.

Les sources de la lumière

La lumière ambiante

La **lumière ambiante**, c'est une lumière qui éclaire toute la scène uniformément et qui est uniquement caractérisée par son **intensité** .

$$I_a = \begin{bmatrix} I_{ar} \\ I_{ag} \\ I_{ab} \end{bmatrix}$$



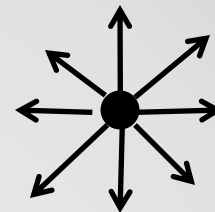
Lumière provenant de toutes les directions

Les sources ponctuelles

Les sources ponctuelles, ce sont des sources de lumière, supposées placées en un point précis et qui rayonnent la lumière radialement

- elles sont caractérisées par leur **intensité** et leur **position** .

$$I(p_0) = \begin{bmatrix} I_r(p_0) \\ I_g(p_0) \\ I_b(p_0) \end{bmatrix}$$

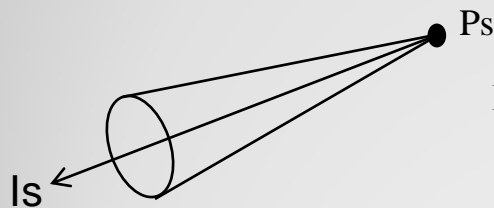


Lumière provenant d'un point précis

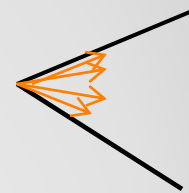
Projecteurs ou spots

Les **projecteurs** ou **spots**, ce sont des sources de lumière caractérisées par leur **position**, leur **direction** et une **fonction d'éclairage** .

- Lumière éclaire dans un cône.
- Fonction d'atténuation de l'intensité en fonction de l'angle (intensité forte au centre, faible au bord du cône)



Lumière provenant d'un point précis et éclairant selon un cône



Modèle d'illumination Local

Eclairage ambient (1)

La lumière ambiante éclaire toute la scène.

L'éclairage ambient d'un point p d'une surface est :

$$I(p) = K_a I_a$$

- où k_a est un coefficient qui détermine la quantité de lumière ambiante réfléchiée par la surface et elle est en fonction des propriétés matérielles de la surface .

$$(0 \leq K_a \leq 1)$$

Eclairage ambiant(2)

- On ne voit pas la 3D ,
- Modélise simplement l'interréflexion entre toutes les surfaces d'une scène,
- Evite qu'un objet dans l'ombre soit complètement noir.

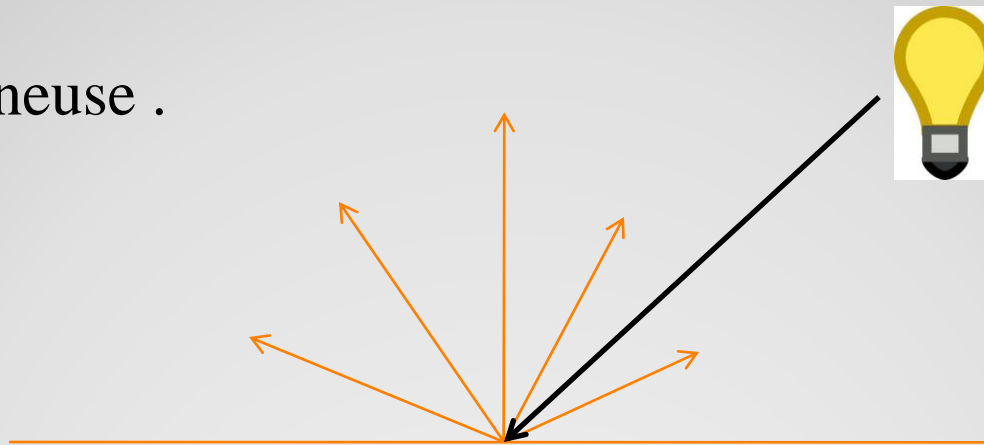
La réflexion diffuse(1)

- **La réflexion diffuse** est obtenue au niveau microscopique par les rugosités d'une surface.
- Calculée à partir d'une source lumineuse ponctuelle qui émet de manière constante dans toutes les directions.
 - Ne dépend pas de la position de l'observateur.
 - Dépend de l'orientation de la surface par rapport à la lumière.

La réflexion diffuse(2)

Les surfaces lambertiennes

- **Surfaces lambertiennes** surfaces mates (craie, papier), où l'intensité en un point de la surface dépend uniquement de l'angle entre la normale à la surface et la direction du point à la source lumineuse .



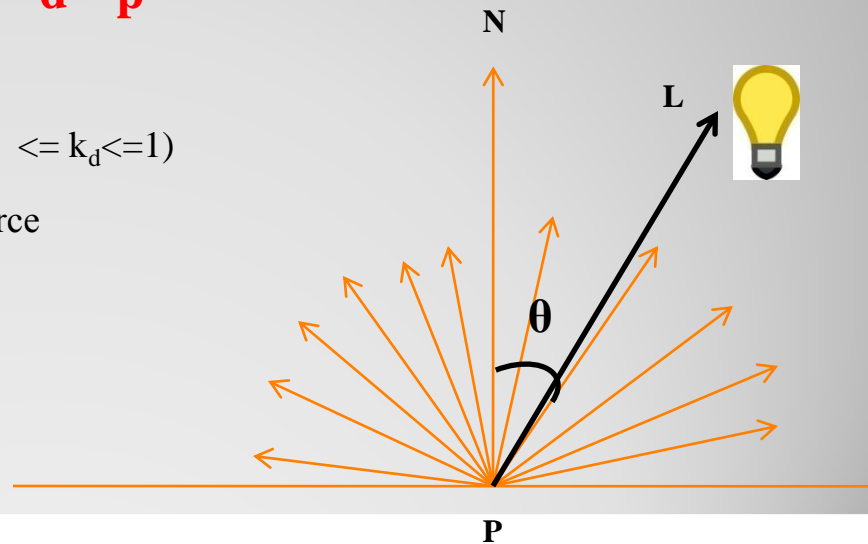
La réflexion diffuse(3)

La loi de Lambert

- La loi de Lambert en optique relie l'intensité avec l'angle entre la normale et la direction des rayons incidents:

$$I(p) = k_d I_p \cos\theta$$

- I_p : intensité de la source lumineuse ponctuelle
- k_d : coefficient de réflexion diffuse de la surface ($0 \leq k_d \leq 1$)
- θ : angle entre la normale et la direction de la source



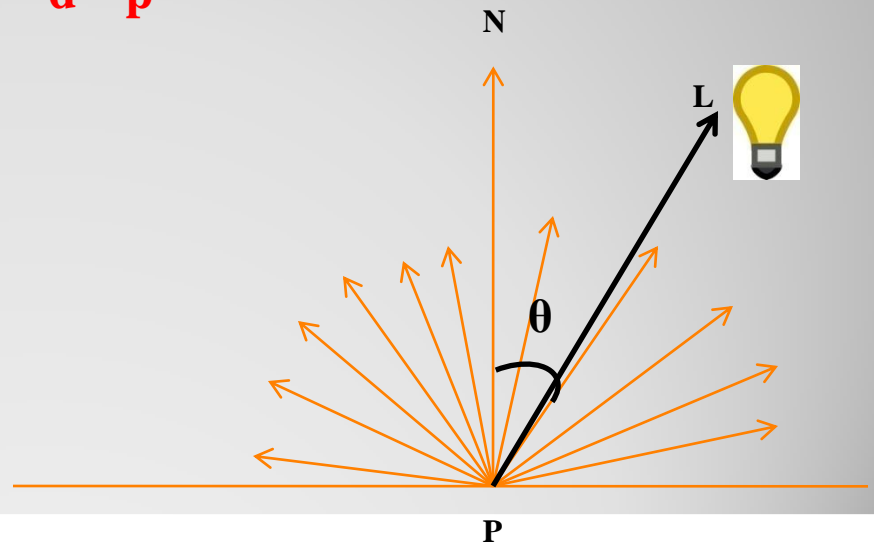
La réflexion diffuse(4)

La loi de Lambert

Pour diminuer le temps de calcul, on remplace le cosinus par un produit scalaire :

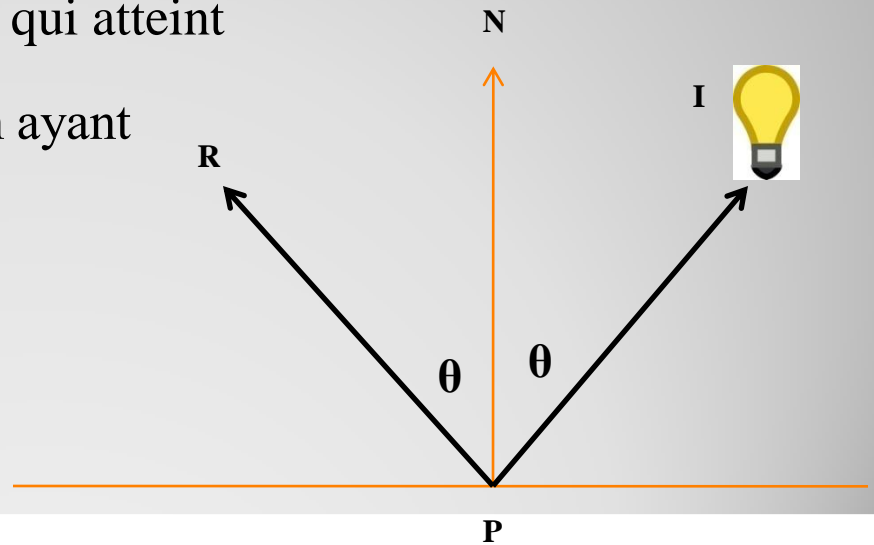
$$I(p) = k_d I_p N \cdot L$$

- N: vecteur normal à la surface au point p
- L: vecteur entre la source lumineuse et le point p



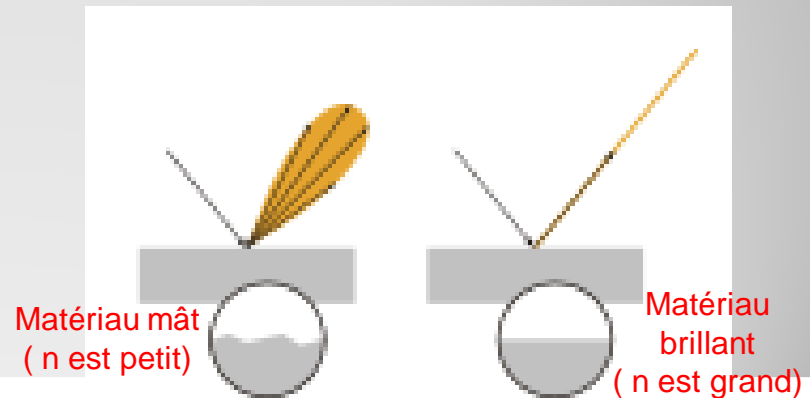
La réflexion spéculaire(1)

- Représente les surfaces brillantes (comme un miroir)
- **Loi de Snell / Descartes**: la lumière qui atteint l'objet est réfléchié dans la direction ayant le même angle



La réflexion spéculaire(2)

- La réflexion spéculaire est obtenue sur une plage d'angle ou un cône autour de cette valeur
- Pour des matériaux brillants, ce cône est petit tandis que pour des matériaux mats, il est plus grand
- La réflexion parfaite (miroir) est le cas où le cône se réduit à une ligne (**angle incident = angle réfléchi**)



La réflexion spéculaire(3)

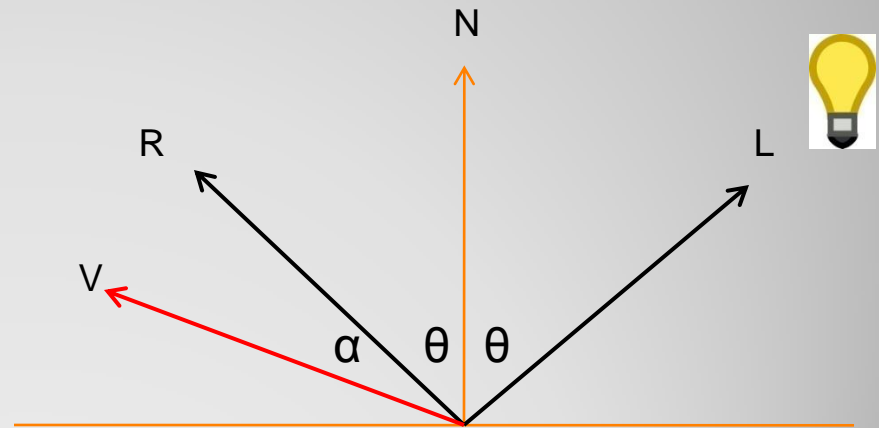
Le modèle de Phong

- Pour calculer la réflexion spéculaire, nous utiliserons des approximations.

La plus utilisée est le modèle de Phong:

$$I = k_s I_p (\cos \alpha)^n$$

- I_p : intensité de la source ponctuelle.
- α : angle entre directions d'observation V et rayon réfléchi idéal R .
- k_s : coefficient de réflectivité spéculaire du matériau de la surface.
- n : rugosité : ∞ (e.g. 1024) pour un miroir, 1 pour une surface très rugueuse.



Modèle d'illumination global

Le modèle d'illumination global de Phong

- Modèle d'illumination global de Phong :

$$I = K_a I_a + \sum [K_d I_p \cos \theta + K_s I_p (\cos \alpha)^n]$$

- **Modèle en couleur**: une intensité par composante de couleur, i.e. une équation et des coefficients pour chaque composante couleur (rouge, vert, bleu) .
- **Plusieurs sources lumineuses**: somme des intensités de chaque source lumineuse.

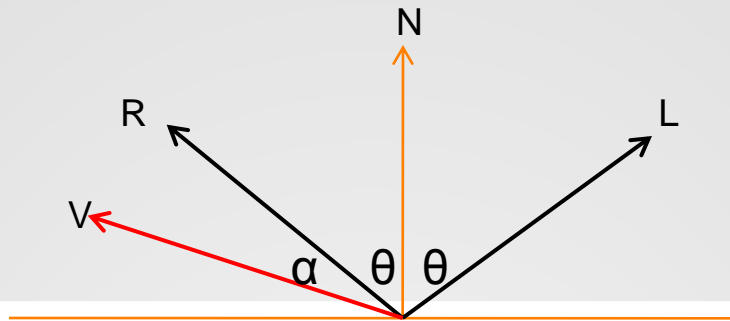
Approximation des Cos en produit scalaire

• Pour diminuer le temps de calcul, on remplace les cosinus par des produits scalaires :

• $\cos \theta = \mathbf{N} \cdot \mathbf{L}$ (vecteur normal de la surface . vecteur direction de la lumière).

• $\cos \alpha = \mathbf{V} \cdot \mathbf{R}$ (vecteur direction d'observation . vecteur du rayon réfléchi idéal)

$$\implies I = K_a I_a + \sum [K_d I_p (N \cdot L) + K_s I_p (V \cdot R)^n]$$



Modèles d'interpolation (shading)

Modèle d'interpolation (Shading 1)

- Maintenant, comment applique-t-on le modèle d'illumination sur la surface
- Calcul de la **normale** en chaque point ?
- Il existe plusieurs **modèles d'interpolation** (ou **shading**), i.e. d'interaction entre la lumière et les objets
 - **Lambert**
 - **Gouraud**
 - **Phong**
- Ces modèles se différencient surtout lorsqu'on traite des objets découpés en facettes ou polygones .

Modèle d'interpolation (Shading 2)

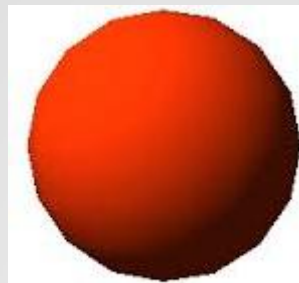
- Le problème principal est d'évaluer **le vecteur normal** en chaque point :
 - Cas d'un objet **géométrique défini par une équation**:
 - aucun problème
 - Cas d'un objet **défini par des facettes (polygones)** :
 - quel vecteur normal prendre en chaque point ?

Modèle d'interpolation de Lambert

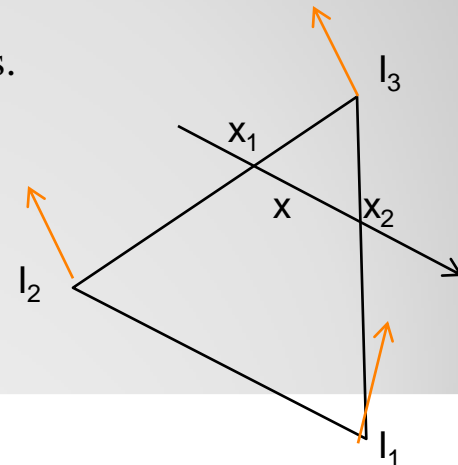
- Un objet est colorié avec **une intensité constante par facette** .
- Une bonne représentation est obtenue si la source de lumière est éloignée ainsi que l'observateur .
- Si le nombre de facettes est grand, alors le résultat est bon avec, cependant, **des discontinuités** entre deux faces

Modèle d'interpolation de Gouraud

- Interpolation de l'intensité linéairement sur chaque face de manière à obtenir un raccord continu aux arêtes :
 - On part des normales définies aux sommets,
 - On calcule des intensités par les différents modèles de lumière en utilisant les normales calculées aux sommets,
 - L'intensité en un point d'une face est obtenue par **interpolation linéaire des intensités des sommets**.
- Faiblesse : Effet de Mach, la discontinuité entre les facettes.

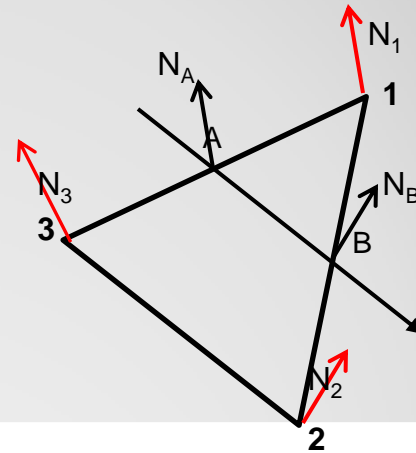


Gouraud

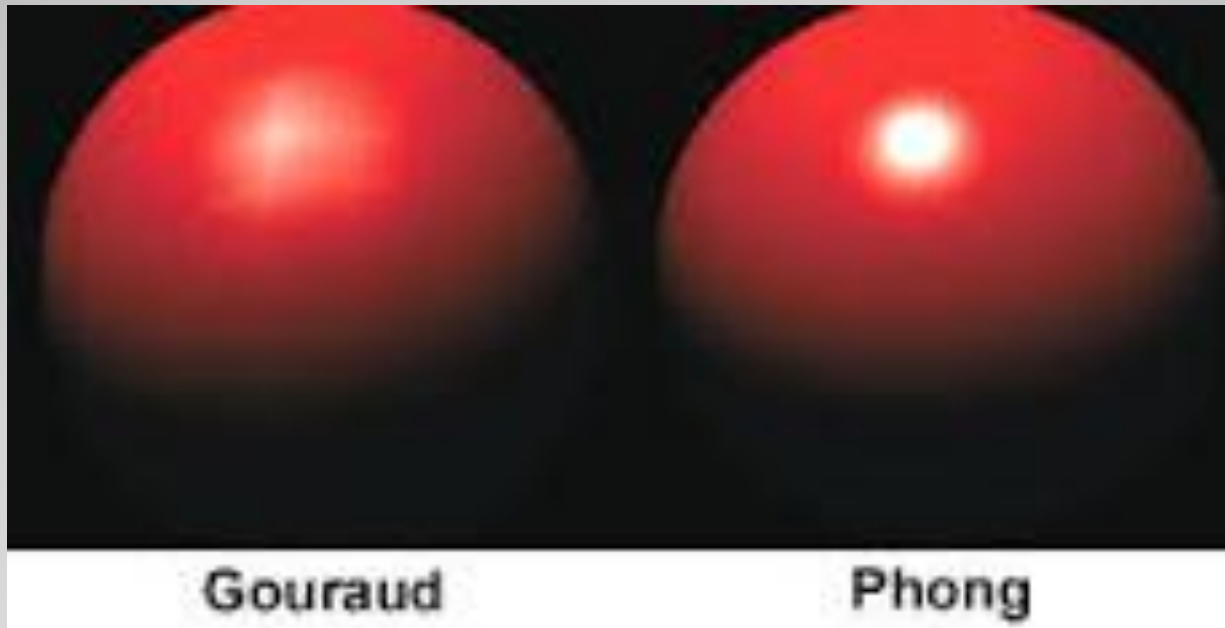


Modèle d'interpolation de Phong

- **Interpolation des normales plutôt que des intensités :**
 - A cause des relations non-linéaires entre les normales et l'intensité dans les modèles de lumière, on obtient un résultat nettement meilleur.
 - L'illumination en un point recalculée à chaque pixel à partir **de la normale interpolée**
- Méthode beaucoup plus coûteuse.



Interpolation de Gouraud vs de Phong



Utilisation des modèles d'interpolation

- Ces modèles sont très utilisés dans les applications de temps réel ou d'affichage rapide .
- Le modèle de shading de Phong est utilisé pour obtenir **de plus beaux résultats**
- Dans les applications où la vitesse est très importante (jeux vidéo par exemple), on utilise le modèle de shading de Gouraud qui **est plus rapide à calculer.**