

Vision par ordinateur:  
Formation d'image et Photographie

Sébastien Roy  
Jean-Philippe Tardif  
Marc-Antoine Drouin

Département d'Informatique et de recherche opérationnelle  
Université de Montréal



Hiver 2007



1 Optique

2 Capteurs CCD/CMOS

Formation de l'image

D'où provient l'image ?

**Système optique** Paramètres associés à la caméra  
(lentille, distance focale, angle de vue, ...)

**Photométrie** Paramètres associés à la lumière  
(illumination, réflectance des surfaces, sensibilité  
du capteur)

**Géométrie** Paramètres de la relation entre le monde et  
l'image  
(type de projection, position et orientation de la  
caméra, distorsion, ...)

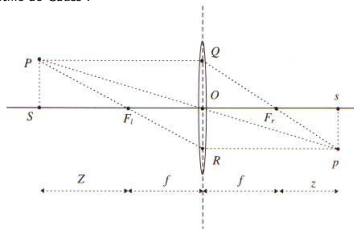
Voir leçon : Modèles de caméra



Introduction

Excellente référence : <http://www.vanwalree.com/>

Lentille de Gauss :



## Aberrations de Siedel

- Aberrations sphériques
- Coma
- Astigmatisme
- Courbure du plan focal
- Distorsion

## Couleur

- Aberrations chromatiques

## Autres effets

- Vignettage
- Reflets (Flare)
- Diffraction
- Profondeur de champs

## Distorsion qui rend courbes les lignes droites

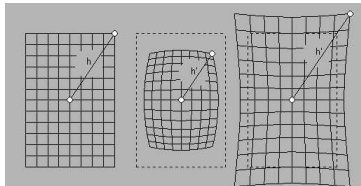


Figure 1. Distortion of a rectangular grid. Left: undistorted grid. Middle grid: barrel distortion. Right grid: pincushion distortion.



## Distorsion

## Distorsion d'image



## "Distorsion" perspective



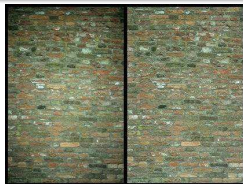
La distorsion perspective dépend du point de vue seulement et de la profondeur des objets



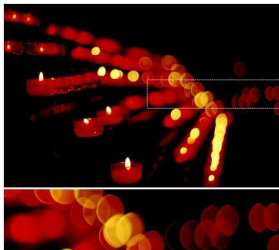
## Vignettage

## Définition

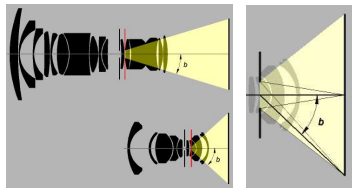
- Diminution graduelle de l'intensité lumineuse vers les bords de l'image
- Causes : naturelles ou mécaniques



La lentille cause une obstruction



Lorsqu'on est sur le bord de l'image, la profondeur de la lentille affecte la lumière qui passe.



C'est la loi du  $\cos^4$  :

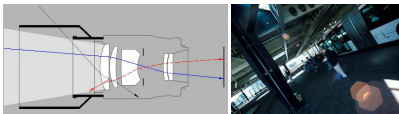
$\cos^2(b)$  : La loi de l'inverse du carré de la distance

$\cos(b)$  : La pupille devient elliptique lorsque vue de côté

$\cos(b)$  : La lumière frappe l'image à angle  $b$  (de côté)



Les reflets sont causés par de lumière indésirables :

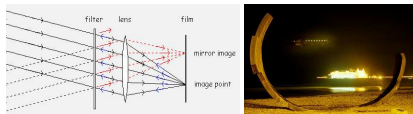


## Profondeur de champs

### Définition

Intervalle de profondeur sur lequel les objets sont projetés sur l'image avec une netteté suffisante.

Directement relié à la netteté de l'image :



## Formation de l'image numérique

Pour une image numérique :

- Propriétés physiques du senseur
- Nature discrète des récepteurs
- Quantification et courbe de réponse de l'intensité



"Irradiance" d'une image (Éclairement énergétique) Puissance totale de la lumière captée (par unité de surface) à un chaque point  $p$  d'une image

Radiance d'une scène Puissance (par unité de surface) de la lumière émise par un point  $P$  d'une surface dans la direction  $d$



### Réflectance d'une surface

Un modèle de réflectance détermine comment la lumière reflète sur une surface

Par exemple :

Modèle Lambertien Une surface est lambertienne si la lumière reflétée est indépendante de la direction  $d$  de l'observateur

$$L = \rho I^T n$$

$\rho$  albedo

$I$  direction de l'illumination

$n$  normale de la surface

Si l'on change de point de vue vers une surface plus inclinée :

- L'observateur voit une plus grande partie de surface
  - La surface reflète moins de lumière à cause de l'angle de vue
- Les deux effets s'annulent : invariance au point de vue



## Capteur CCD (Charged Coupled Device)

### CCD

Cellule photo rendue plus sensible grâce à une charge électrique

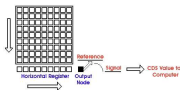


FIG.: Source : <http://www.ccd.com/ccd107.html>.

- Tous les lignes sont transférés parallèlement vers un registre
- Le signal est digitalisé dans "l'output node"

### CMOS (complementary metal oxide semiconductor)

Une technologie concurrente, avec différentes forces/faiblesses. À ce jour, l'une des deux technologie ne se démarque pas clairement.



## Capturer la lumière

### Photon

Particule élémentaire de lumière possédant une longueur d'onde et une énergie

- Absorbée par le substrat de silicium, l'énergie acquise libère un ou plusieurs électrons
- La profondeur à laquelle un photon est absorbé dépend de sa longueur d'onde (voir image)

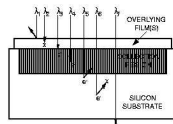


FIG.: Source : <http://www.kodak.com/go/ccd/>.

## Zone Critique et Efficacité Quantique

### Zone Critique

Zone dans laquelle les électrons doivent être générés afin de pouvoir être comptés

- Pas tous les photons qui sont transformés en électron

### Efficacité quantique

Le taux de conversion : dépend de la longueur d'onde

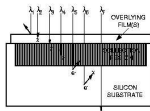


FIG.: Source :<http://www.kodak.com/go/ccd>.



## Blooming

### Définition

Les électrons débordent des puits et se déversent dans les autres puits

Crée des artéfacts importants

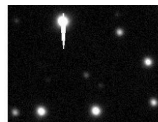


FIG.: Source :<http://www.kodak.com/go/ccd>.



## Anti-Blooming

- Des portes contrôlent le débordement
- Un drain permet d'évacuer les électrons
- Réduit la taille de chaque pixel jusqu'à 30%

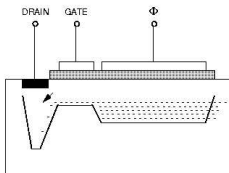


FIG.: Source :<http://www.kodak.com/go/ccd>.



## Traitement de la couleur

### Matrice Bayer

- Utilisation de filtres :
  - Rouge, Vert et Bleu (modèle additif)
  - Cyan, Magenta et Jaune (modèle soustractif)
- Chaque pixel a un filtre → un canal par pixel
- Interpolation des valeurs manquantes
- Système peu dispendieux et très répandu, même dans certaines caméras haute gamme

G1	R	G1	R
B	G2	B	G2
G1	R	G1	R
B	G2	B	G2

Y1	M	Y1	M
C	Y2	C	Y2
Y1	M	Y1	M
C	Y2	C	Y2

FIG.: Source :<http://www.kodak.com/go/imagers>.



## Bruit dans l'image

- Phénomène très **important**
- Affecte tous les algorithmes de vision
- Comment s'en sortir ? → pixel = variable aléatoire !

Problème de contamination du signal par :

- L'horloge
- L'amplificateur du signal (output Node)
- Circuits électroniques proches
- Invariable par rapport à la taille des pixels

Effet : Même irradiance ne donne pas la même mesure d'intensité

## Estimation du bruit ?

Une façon : Prendre de nombreuses images de la même scène, puis calculer la variance de chaque pixel.

## Le niveau zéro électron

- Lorsque l'on mesure le nombre d'électrons collectés, il faut comparer à un point de référence
- Bruit thermique ajouté à la référence

## Correlated Double Sampling (CDS) :

- Lecture de la référence
- Lecture du signal reçu
- Soustraction pour obtenir le signal final

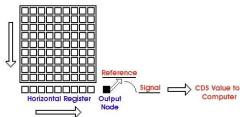


FIG.: Source :<http://www.ccd.com/ccd107.html>.

## Dark Count

- Le CCD génère des électrons en fonctionnant
- Proportionnelle à la température
- Linéaire avec le temps d'exposition
  - Photographies prises dans un endroit très sombre avec un long temps d'exposition sont plus bruitées

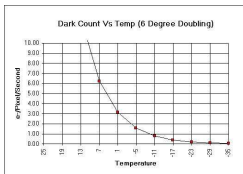


FIG.: Source :<http://www.ccd.com/ccd109.html>.

## Réponse non-uniforme du capteur

- Impossible de construire un capteur dont tous les pixels sont identiques
- Chaque pixel à une efficacité quantique différente
- Photo d'une lumière uniforme (flat-field) → un damier
- Effet des lentilles (impuretés, reflets, etc.)

Fréquences dans l'image :

- Il y a une limite aux fréquences qu'on peut représenter dans une image
- Limite de diffraction et limite de résolution : Théorème d'échantillonnage

FIN