

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



Au programme

1 Optique

2 Capteurs CCD/CMOS



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)

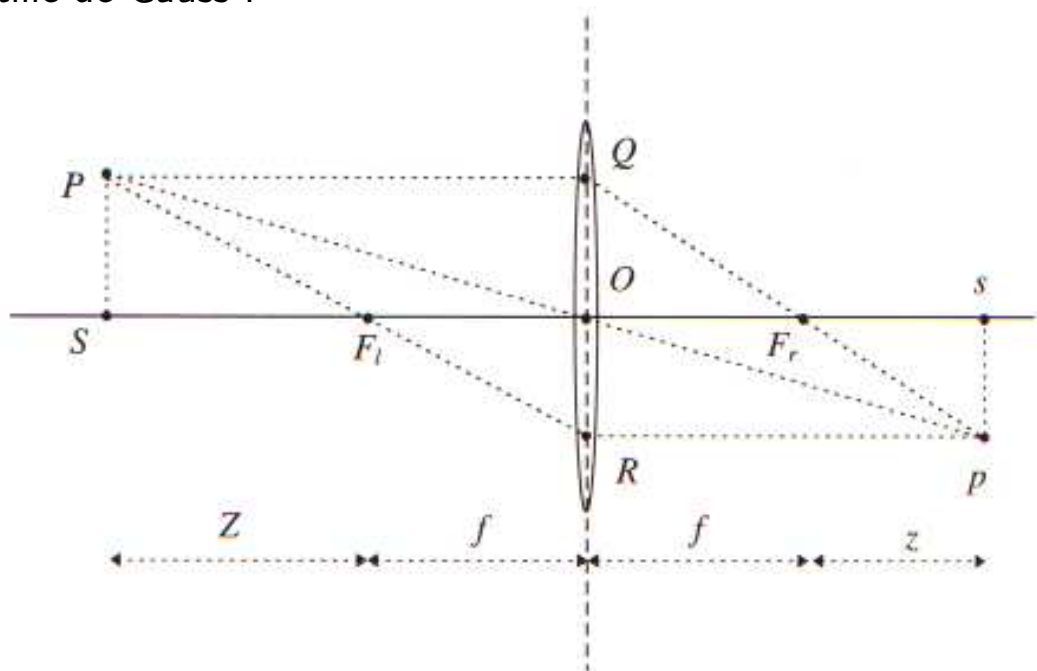
Géométrie Paramètres de la relation entre le monde et l'image
(type de projection, position et orientation de la caméra, distorsion, ...)
Voir leçon : Modèles de caméra

◀ ◻ ▶ ◀ ◻ ▶ ◀ ≡ ▶ ◀ ≡ ▶ ≡ ≡ ≡ ≡ ≡ ≡

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

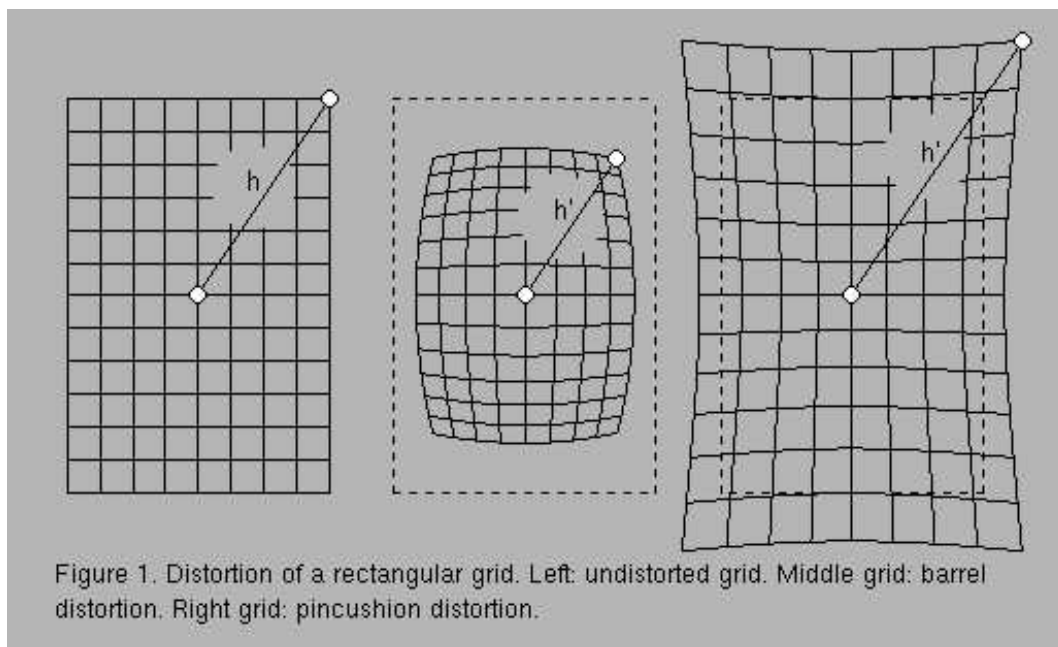
Autres effets

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

◀ ◻ ▶ ◀ ◻ ▶ ◀ ≡ ▶ ◀ ≡ ▶ ≡ ≡ ≡ ≡ ≡ ≡

Distorsion

Distorsion qui rend courbes les lignes droites



◀ ◻ ▶ ◀ ◻ ▶ ◀ ≡ ▶ ◀ ≡ ▶ ≡ ≡ ≡ ≡ ≡ ≡

Distorsion

Distorsion d'image



"Distorsion" perspective



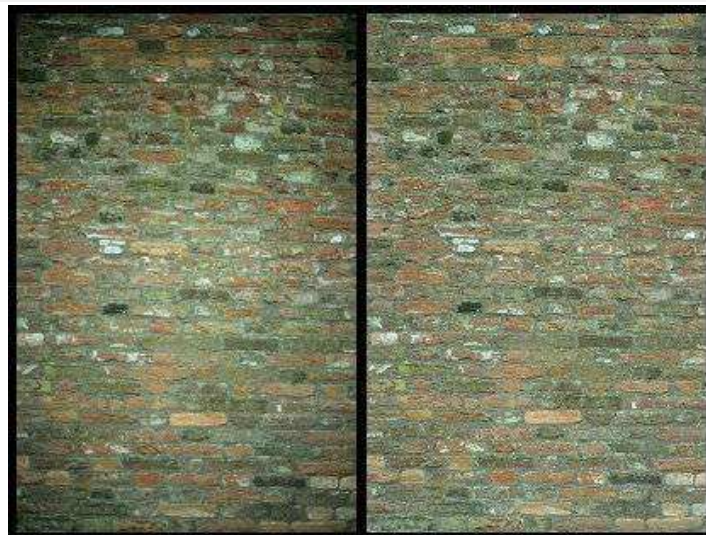
La distorsion perspective dépend du point de vue seulement et de la profondeur des objets



Vignettage

Définition

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



Vignettage mécanique

La lentille cause une obstruction



Navigation icons: back, forward, search, etc.

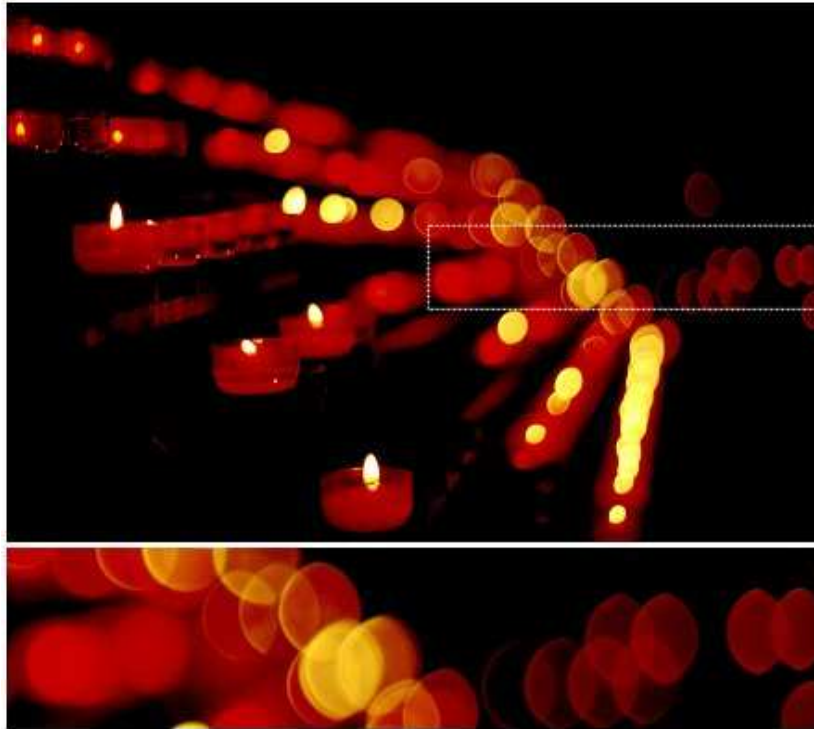
Vignettage mécanique

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



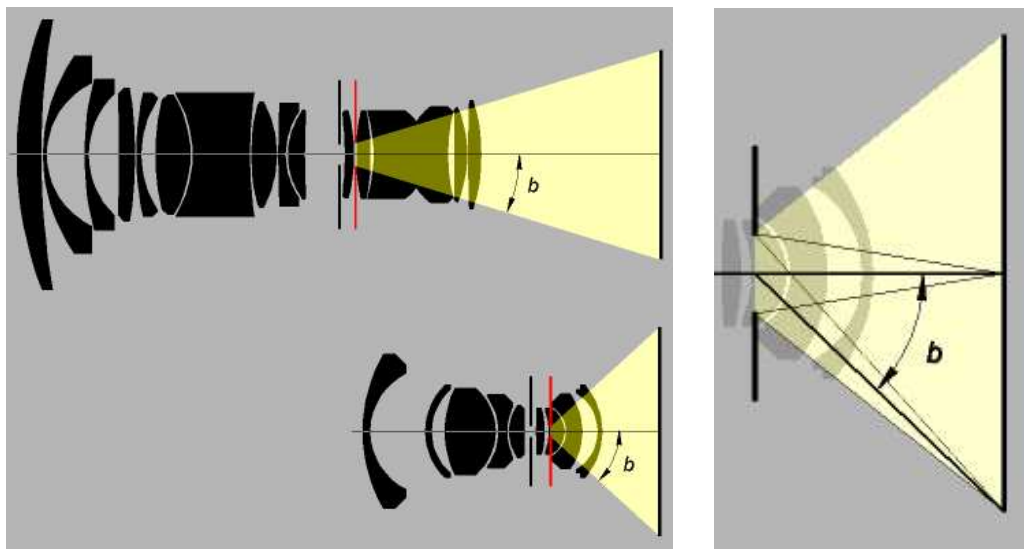
Navigation icons: back, forward, search, etc.

Vignettage mécanique



Navigation icons: back, forward, search, etc.

Vignettage naturel



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

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

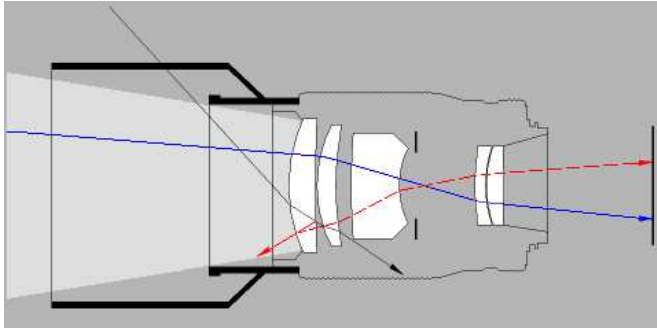
$\cos(b)$: La pupille devient elliptique lorsque vue de coté

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

Navigation icons: back, forward, search, etc.

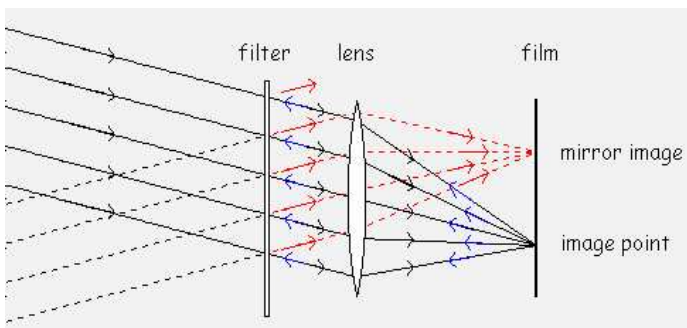
Reflets

Les reflets sont causés par de lumière indésirables :



Navigation icons: back, forward, search, and other controls.

Reflets

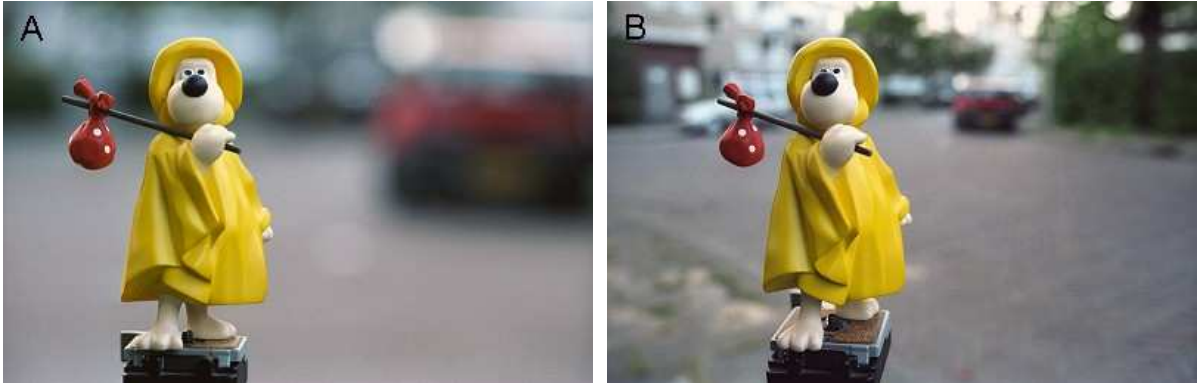


Navigation icons: back, forward, search, and other controls.

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 capteur
- 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

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

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

ρ 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

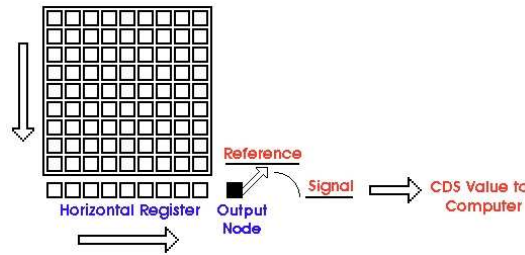


FIG.: Source :<http://www.ccd.com/ccd107.html>.

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

CMOS (complementary metal oxide semiconductor)

Une technologie concourante, 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)

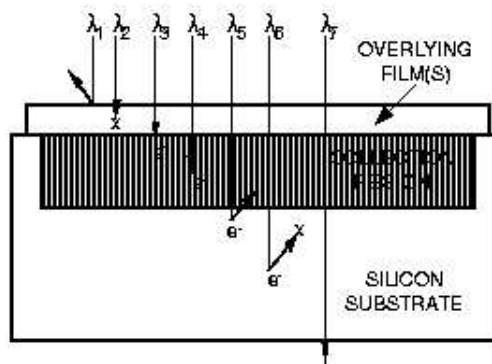


FIG.: Source :<http://www.kodak.com/go/ccd>,

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

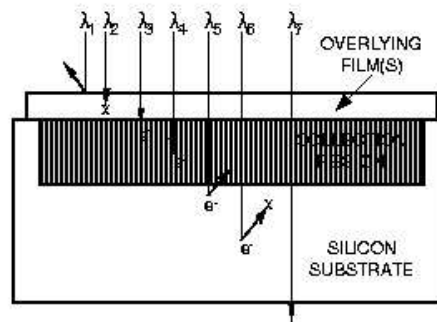


FIG.: Source :<http://www.kodak.com/go/ccd>.

Navigation icons: back, forward, search, etc.

Blooming

Définition

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

Crée des artéfacts importants

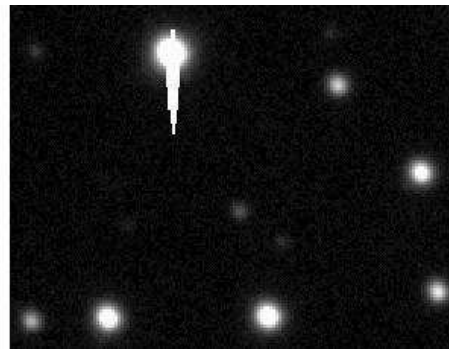


FIG.: Source :<http://www.kodak.com/go/ccd>.

Navigation icons: back, forward, search, etc.

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

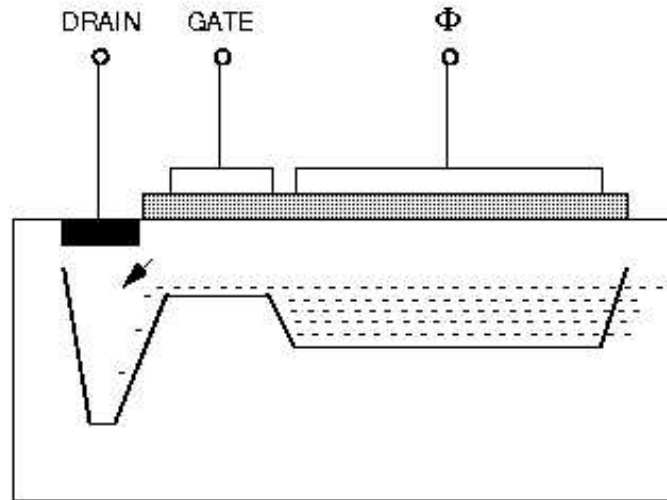


FIG.: Source :<http://www.kodak.com/go/ccd>.

Navigation icons: back, forward, search, etc.

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>.

Navigation icons: back, forward, search, etc.

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.

Navigation icons: back, forward, search, etc.

Digitalisation d'un 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

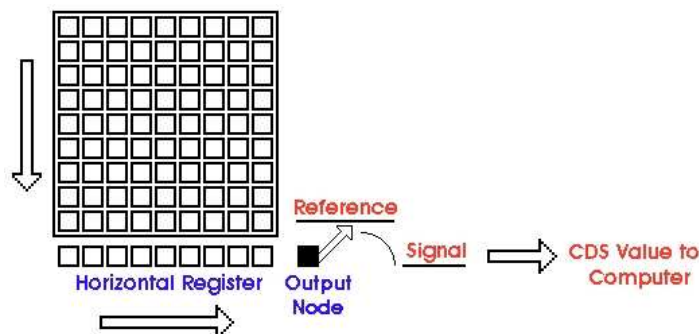


FIG.: Source : <http://www.ccd.com/ccd107.html>.

Navigation icons: back, forward, search, etc.

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

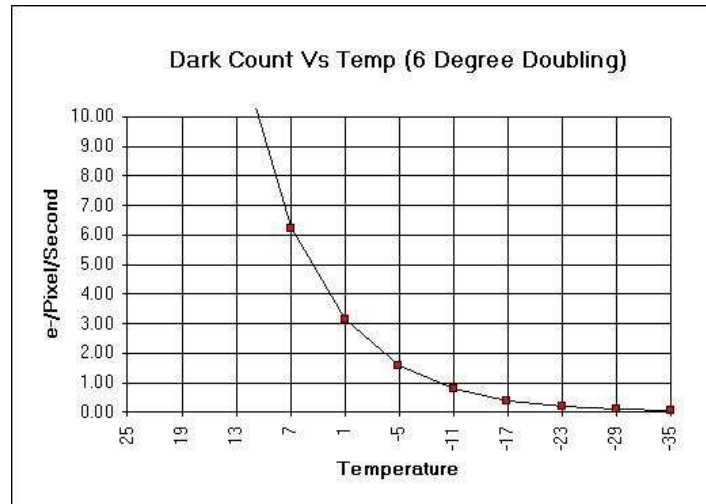


FIG.: Source :<http://www.ccd.com/ccd109.html>.

Navigation icons: back, forward, search, etc.

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.)

Navigation icons: back, forward, search, 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