

Chapitre 1



Capteurs visibles et lentilles (acquisition d'images)

Pourquoi utiliser des caméras ?

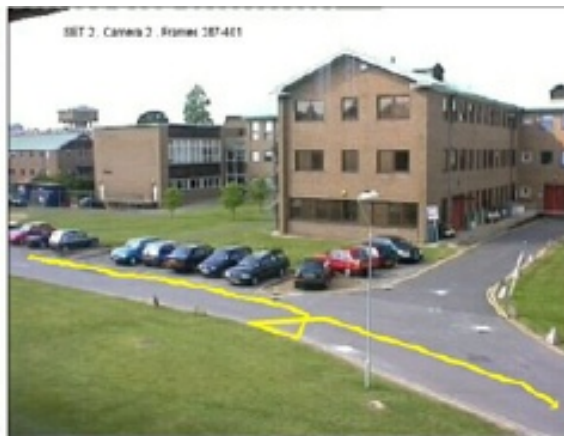
□ Exemple : Vidéosurveillance

- Objectif: Déterminer la trajectoire ou l'identité d'un objet de façon automatique (sans intervention humaine).
- Exemple:
 - Trouve les objets en mouvement par soustraction d'arrière-plan.
 - Utilise le recouvrement des objets d'une image à l'autre pour faire une correspondance temporelle.


Pourquoi utiliser des caméras ?

□ Exemple (suite)

- Trouve le centroïde des objets.
- La trajectoire est formée en reliant les centroïdes successifs d'un même objet.



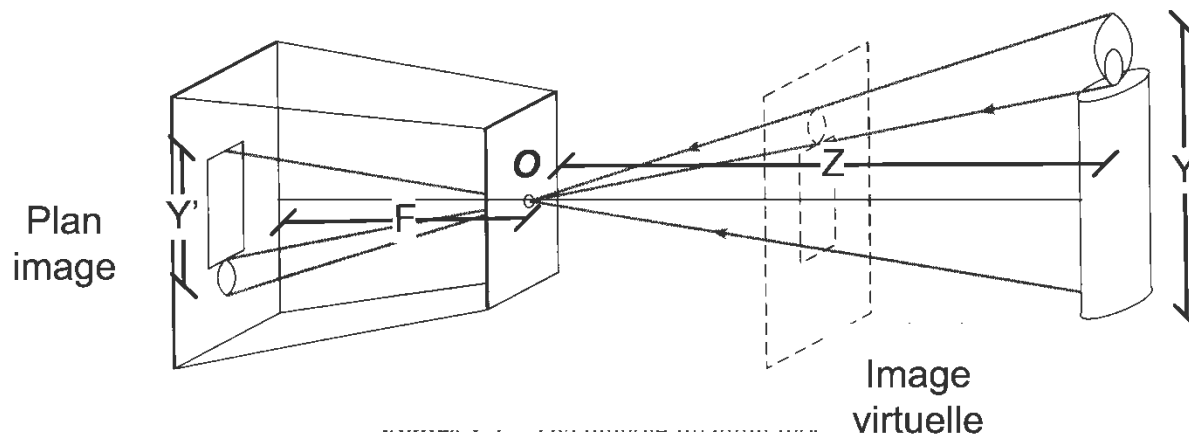
Plan du chapitre

- ❑ Formation des images
 - Projection perspective 
- ❑ Capteurs visibles
 - Technologies et spécifications
 - Vitesse d'acquisition vs résolution
 - Échantillonnage
- ❑ Lentilles (spécifications)

Formation des images

□ Projection perspective

- Modèle du sténopé (Pinhole) (début 15^e siècle par Brunelleschi).
- Un seul rayon atteint chacun des points du plan image (profondeur de champ infini, rien n'est flou).

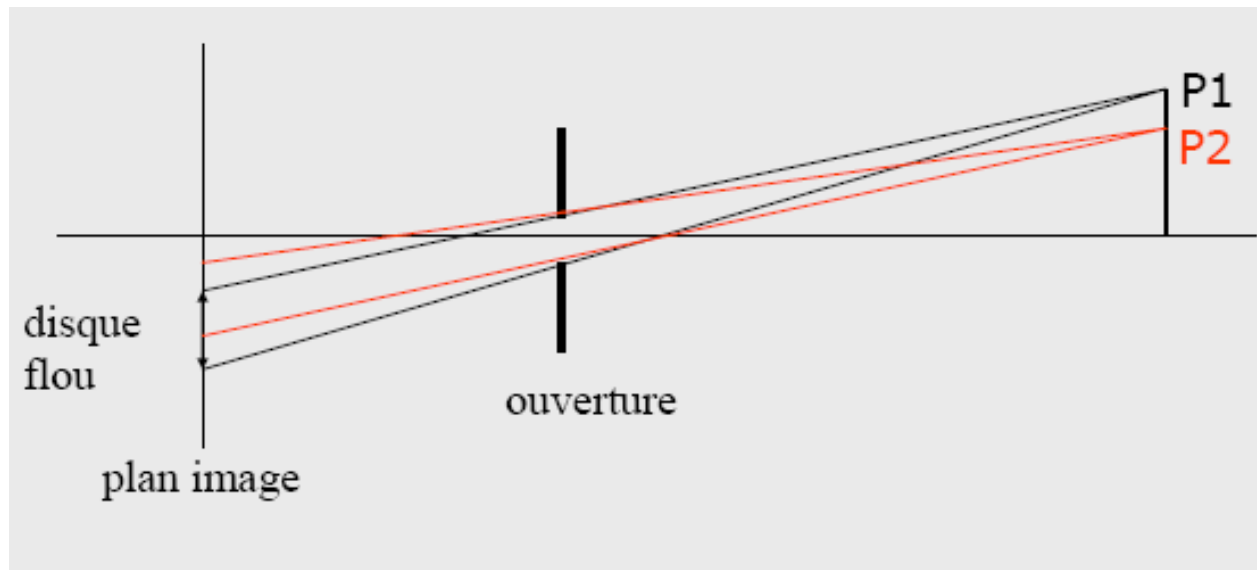


Formation des images

- Le modèle du sténopé a des inconvénients
 - Un rayon lumineux par pixel → image très sombre;
 - Une lentille est requise. Il faut alors tenir compte de la réfraction lors du passage de l'air à la lentille.
- Caméra avec lentille: caractéristiques
 - Profondeur de champ limitée. Seuls des points à une distance donnée de la lentille sont au focus (pas flou).
 - Profondeur de champ: Distance selon l'axe optique pour laquelle le flou a un diamètre inférieur à 1 pixel.

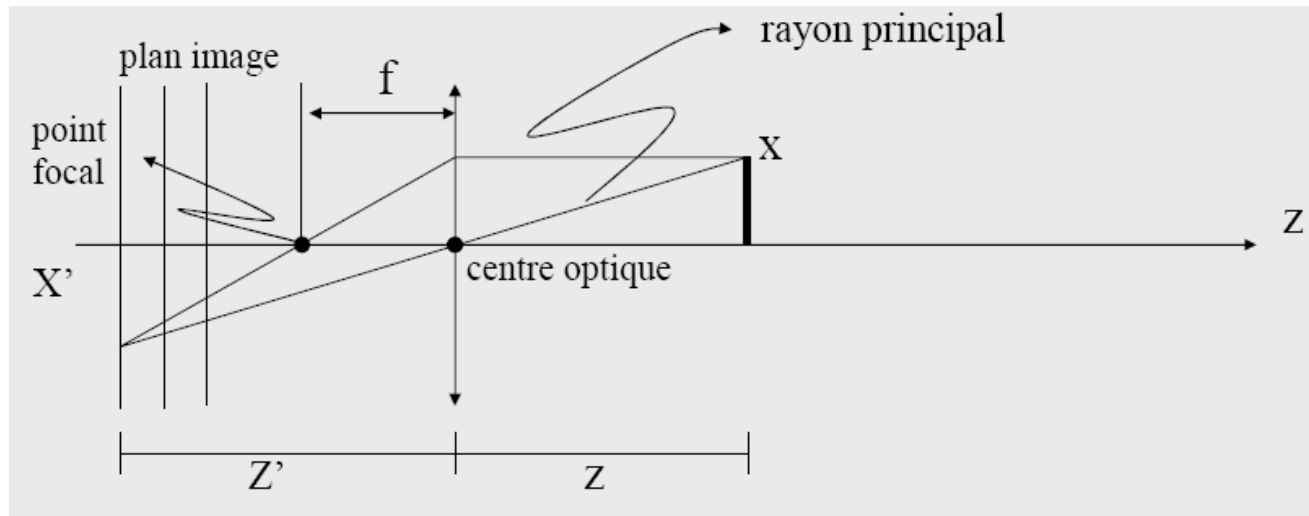
Formation des images

- ❑ Caméra avec lentille: caractéristiques
 - Iris: ouverture de la lentille. Affecte la profondeur de champ. Grande ouverture==petite profondeur de champ



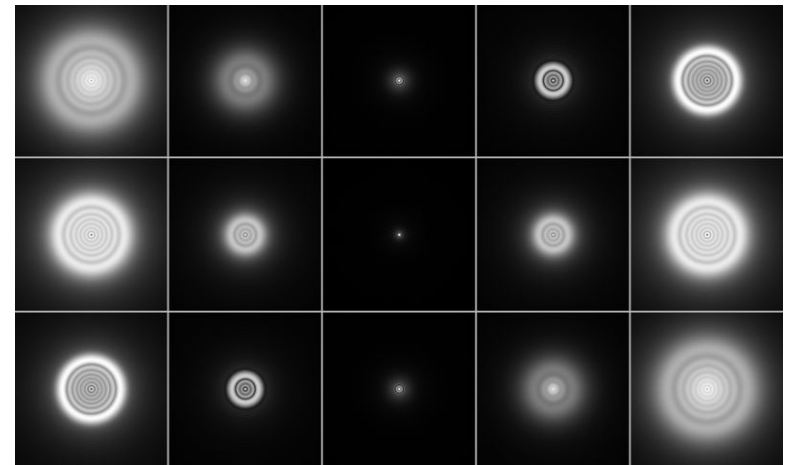
Formation des images

- ❑ Caméra avec lentille: caractéristiques
 - Focus: ajuste Z'
 - Zoom: on modifie f (Point focal, point de convergence des rayons parallèles à l'axe optique)



Formation des images

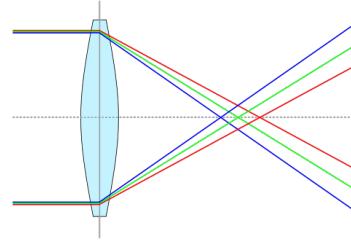
- ❑ Caméra avec lentille: quelques problèmes
 - Aberrations sphériques: Pour les points qui devraient être imagés sur l'axe optique.
 - Distorsion radiale: Surtout pour les lentilles grand angle.



Formation des images

■ Caméra avec lentille: quelques problèmes

- Aberrations chromatiques: Liées à la dépendance de l'indice de réfraction à la longueur d'ondes

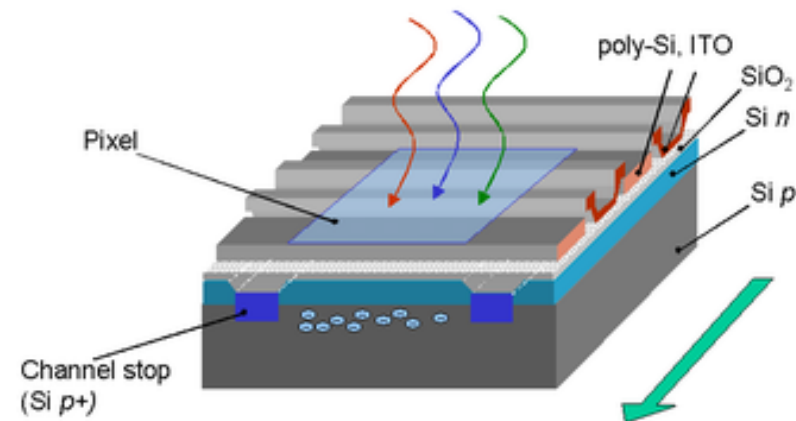


Capteurs visibles: Technologies



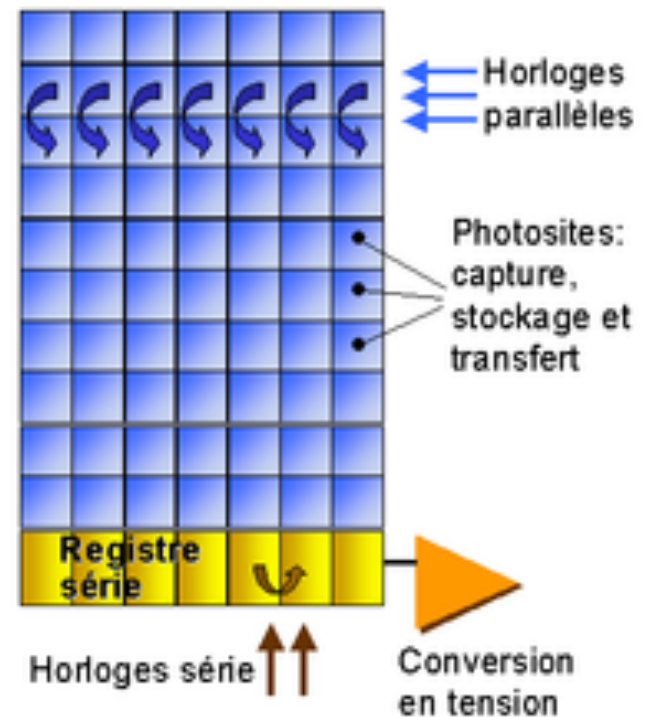
- CCD (Charge-coupled device)
 - Inventé en 1969 par Bell Labs.
 - Un CCD transforme les photons lumineux qu'il reçoit en charges négatives par effet photoélectrique dans le substrat semi-conducteur, puis collecte les électrons dans le puit de potentiel maintenu à chaque photosite. Le nombre d'électrons collectés est proportionnel à la **quantité de lumière** reçue.

(Source: Wikipedia)



Capteurs visibles: Technologies

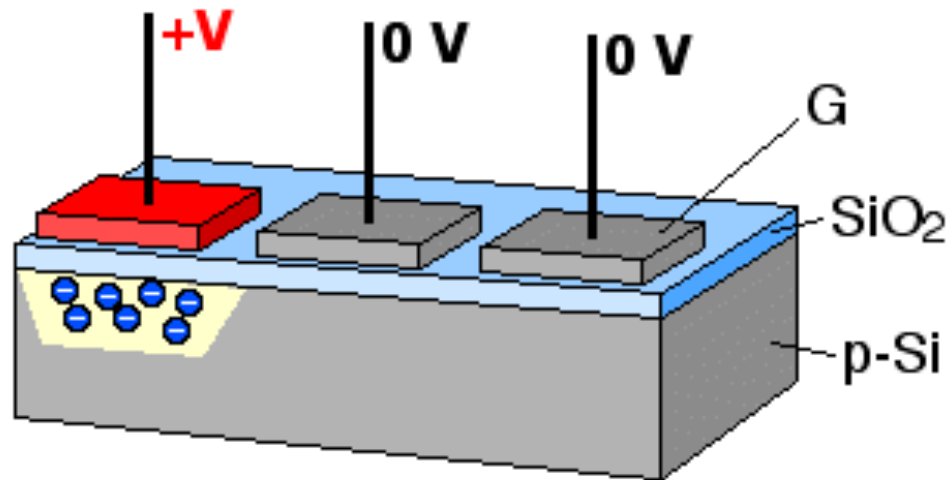
- ❑ CCD (Charge-coupled device)
 - À la fin de l'exposition, les charges sont transférées de photosite en photosite par le jeu de variations cycliques de potentiel appliquées à chaque site.



(Source: Wikipedia)

Capteurs visibles: Technologies

□ Transfert des charges

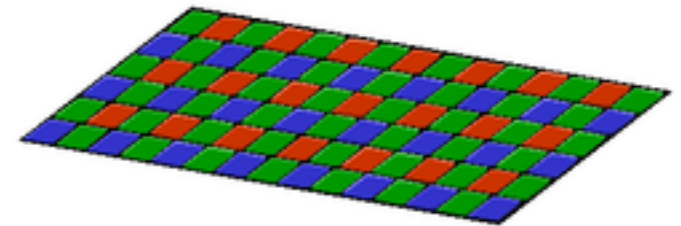


Capteurs visibles: Technologies

□ Obtention d'images couleurs

■ **Filtre de Bayer**

- Constitué de cellules colorées des couleurs primaires, chaque photosite ou pixel du capteur ne voit qu'une seule couleur: rouge, vert ou bleu. Sur chaque groupe de 4 photosites on en trouve un pour le bleu, un pour le rouge et deux pour le vert; cette répartition correspond à la sensibilité de notre vision.

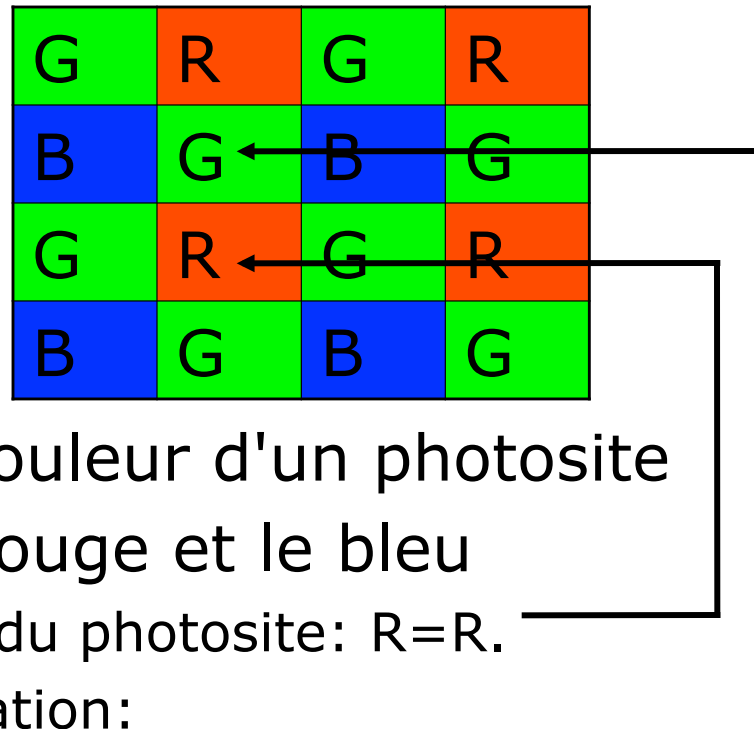


Capteurs visibles: Technologies

G	R	G	R
B	G	B	G
G	R	G	R
B	G	B	G

- Calcul de la couleur d'un photosite
 - 1) Balance du blanc
 - Un objet blanc aura $R=G=B$.
 - On observe un objet blanc.
 - On calcule la moyenne de R, G et B.
 - Les moyennes de chaque canal (RGB) sont ajustées pour être égales. Si la moyenne de G est max, $G=aR=bB$, où a et b sont les gains nécessaires pour égaliser les moyennes.

Capteurs visibles: Technologies



- Calcul de la couleur d'un photosite
 - 2) Pour le rouge et le bleu
 - La valeur du photosite: $R=R$.
Ou interpolation:
 - La moyenne des plus proches voisins $(R+R)/2$.

Capteurs visibles: Technologies

- Calcul de la couleur d'un photosite.
 - 2) Pour le vert, interpolation adaptative sur photosites bleu et rouge.
 - Par la direction de la plus grande corrélation (plus petit différence).
 - Pour un photosite rouge (même principe pour le bleu):

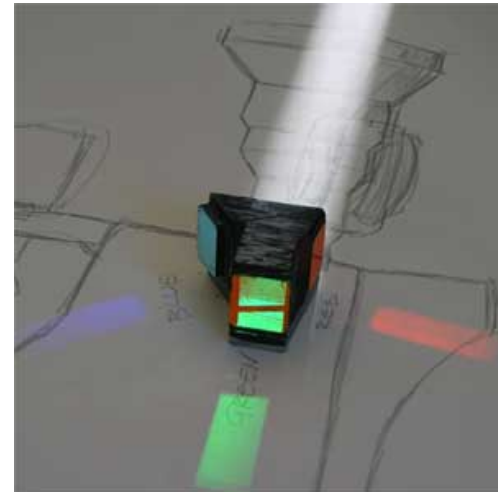
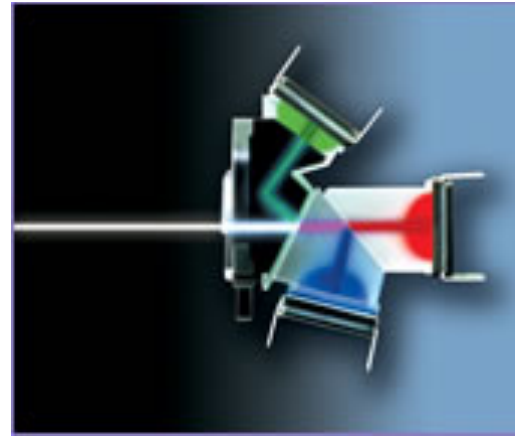
		R ₁		
		G ₁		
R ₄	G ₄	R	G ₂	R ₂
		G ₃		
		R ₃		

$$G(R) = \begin{cases} (G_1 + G_3) / 2, & \text{if } |R_1 - R_3| < |R_2 - R_4| \\ (G_2 + G_4) / 2, & \text{if } |R_1 - R_3| > |R_2 - R_4| \\ (G_1 + G_2 + G_3 + G_4) / 4, & \text{if } |R_1 - R_3| = |R_2 - R_4| \end{cases}$$

- Peut aussi faire seulement la moyenne des quatre voisins verts, sans trop d'erreurs.

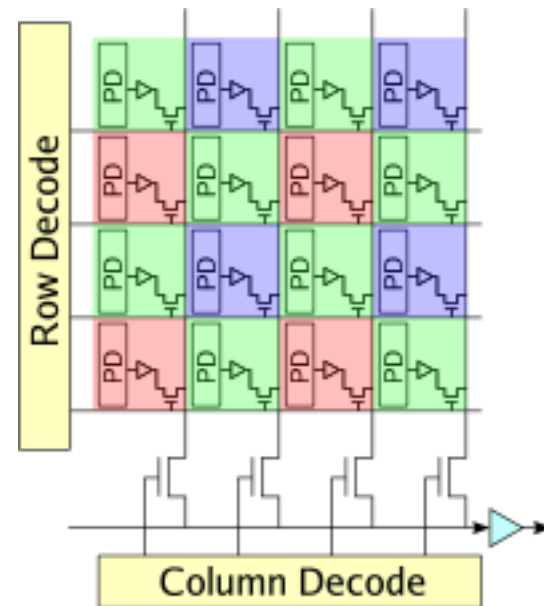
Capteurs visibles: Technologies

- ❑ Obtention d'images couleurs
 - Capteur 3 CCD
 - ❑ Un filtre différent est appliqué sur chaque capteur CCD.
 - ❑ Combinaison directe des valeurs à chaque photosite (utilisation d'un prisme).
 - ❑ Meilleure précision pour les couleurs, car il n'y a pas d'interpolation.



Capteurs visibles: Technologies

- ❑ CMOS (*Complementary metal oxide semiconductor*)
 - Inventé dans les années 1980.
 - Résultat de l'intégration de cellules composées d'une photodiode et d'un circuit logique d'amplification puis d'obturation.



(Source:Wikipedia)

Capteurs visibles: Technologies

□ CCD vs CMOS

■ Avantage des capteurs CMOS:

- une consommation électrique plus faible;
- la possibilité de miniaturiser davantage les capteurs (Par contre la qualité des images devient moins bonne);
- meilleure vitesse de lecture (Nombre d'images/seconde);
- une meilleure résistance à l'éblouissement et donc au rendu des lumières intenses et une dynamique plus étendue;
- Ils offrent également la possibilité d'une lecture très rapide d'un sous-ensemble du capteur.

Capteurs visibles: Technologies

□ CCD vs CMOS

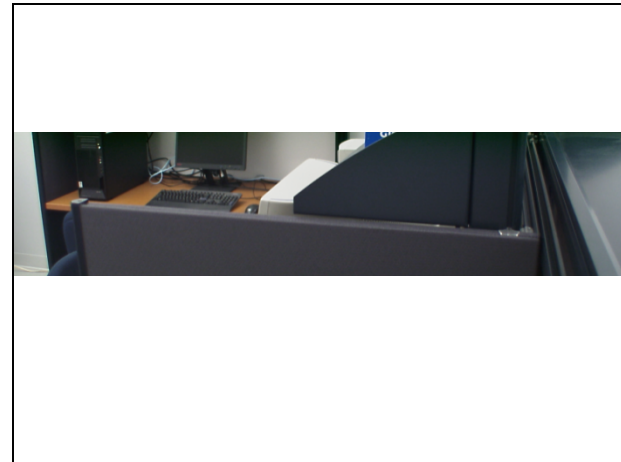
■ Avantages des capteurs CCD:

- une meilleure linéarité, car moins de dispersion (*Jitter*) dans les convertisseurs Analogique/Numérique; les CMOS ont un convertisseur par pixel, donc le convertisseur est plus petit, et donc il a plus de dispersion;
- un plus faible niveau de bruit, car il y a un moins grand nombre d'éléments par capteur à définition égale;
- la surface participant à la capture de photons est proportionnellement plus élevée: les capteurs CMOS sont "encombrés" par trois à six transistors - amplification et logique "d'obturation" (*shuttering*) rapide;
- et donc un avantage au CCD pour la qualité des noirs et faibles lumières.

Vitesse d'acquisition vs résolution

□ Capteur CCD

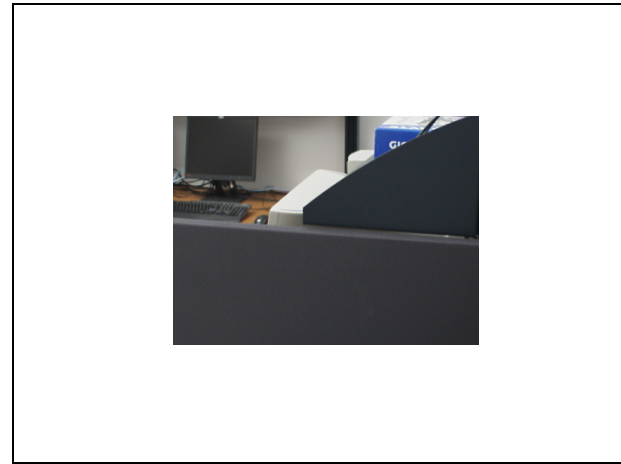
- La vitesse d'acquisition est constante peu importe la résolution, car doit faire la lecture de lignes complètes (Mécanisme de transfert des charges), sauf si:
- Balayage partiel (Lit un sous-ensemble de lignes contiguës).



Vitesse d'acquisition vs résolution

□ Capteur CCD

- Changement de résolution=utilisation partielle du capteur (en général).
- Permet de faire des changements d'orientation (panoramique/inclinaison) logiciels.



Vitesse d'acquisition vs résolution

□ Capteur CMOS

- Changement de résolution=utilisation partielle du capteur (en général).
- La vitesse d'acquisition dépend de la résolution, car chaque pixel est lu individuellement (donc accélération), sauf si:
- Utilisation du capteur complet pour une résolution plus faible.

Vitesse d'acquisition vs résolution

□ Capteurs CCD et CMOS

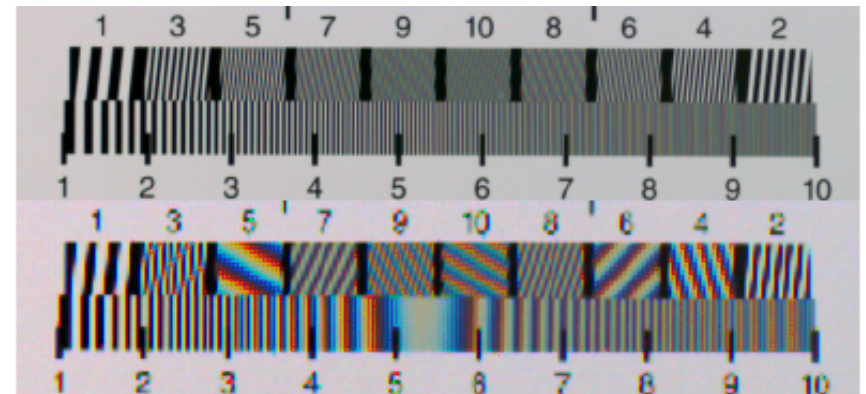
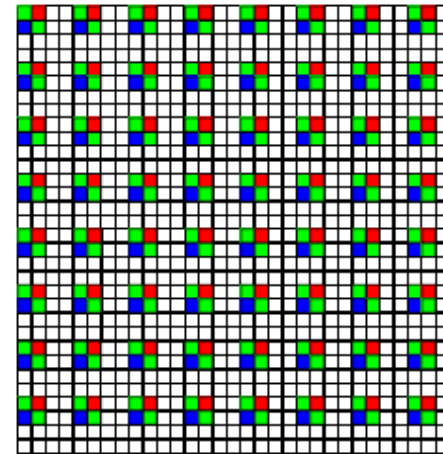
- Utilisation du capteur complet pour une résolution plus faible. Quatre méthodes courantes:

- Décimation
- Moyennage
- "Binning"
- Ré-échantillonnage

Vitesse d'acquisition vs résolution

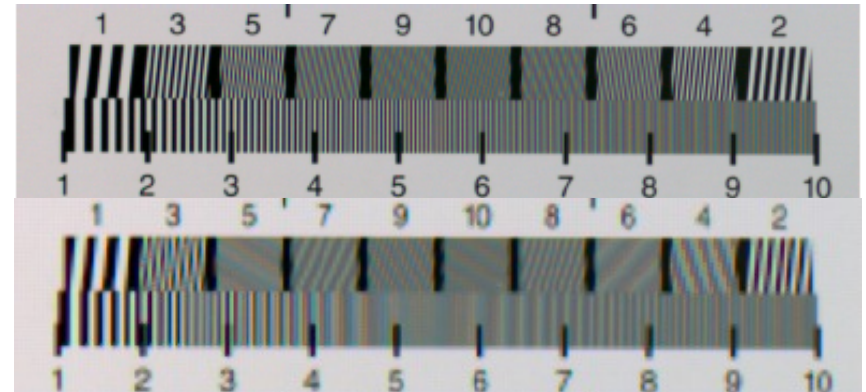
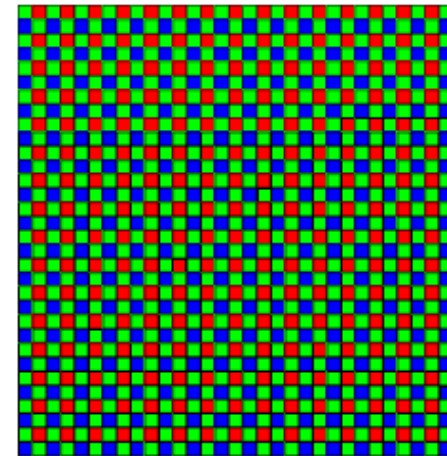
- Capteurs CCD et CMOS
 - Décimation: Lecture de x pixels sur y pixels dans un bloc. Qualité faible. Accélération de la vitesse d'acquisition pour CMOS. Peu d'intérêt pour CCD.

(source: Documentation Pixelink)



Vitesse d'acquisition vs résolution

- Capteurs CCD et CMOS
 - Moyennage: moyenne des pixels à l'intérieur d'un plus gros bloc (e.g. 4x4) étant à la même position dans le noyau 2x2 de Bayer. Pour passer de 1280x960 à 320x240, un bloc est de taille 4x4. Qualité intermédiaire. Pas d'accélération.



(source: Documentation Pixelink)

Vitesse d'acquisition vs résolution

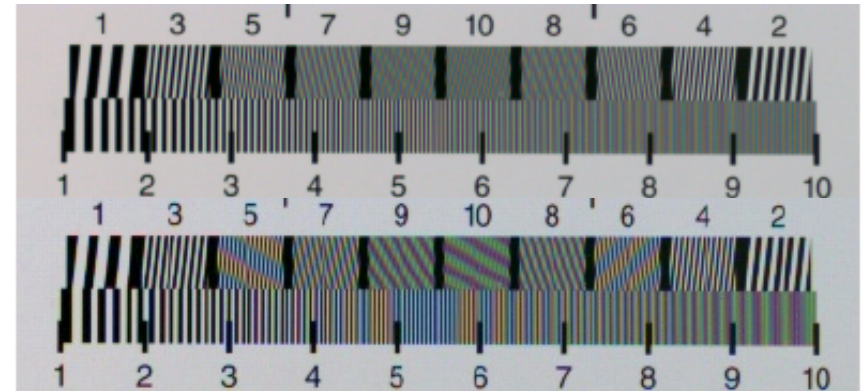
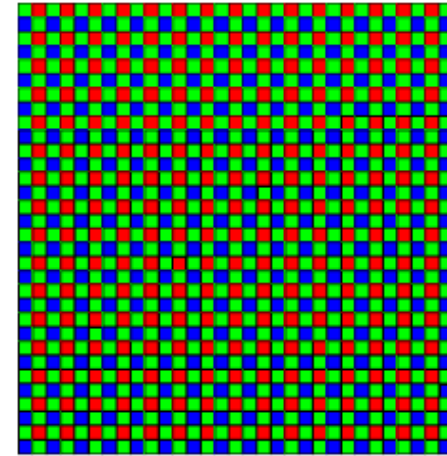
□ Capteurs CCD et CMOS

- *Binning*: somme des pixels à l'intérieur d'un plus gros bloc (e.g. 4x4) étant à la même position dans le noyau 2x2 de Bayer.
- Augmente la sensibilité des caméras lors de l'observation de scènes faiblement éclairées. (Pour les capteurs CCD, car transfert de charges).
- Peut augmenter la vitesse des caméras CCD, car le temps d'exposition est réduit pour obtenir une même sensibilité.

Vitesse d'acquisition vs résolution

- Capteurs CCD et CMOS
 - Ré-échantillonnage:
Conversion en RGB, et
ensuite pour un bloc,
fait la moyenne des R,
des G et des B. Pas
d'accélération, meilleure
qualité.

(source: Documentation Pixelink)



Lentilles (spécifications)

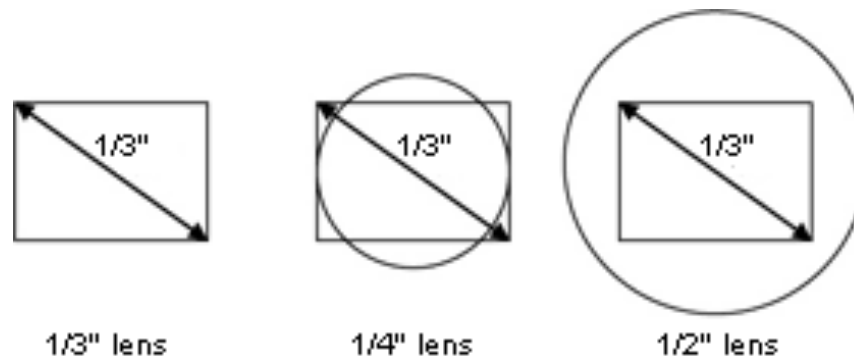
- Deux types de lentilles:
 - C-mount (plus ancien)
 - CS-mount (mise à jour de C-mount, moins cher et fonctionne avec de plus petits capteurs)



Lentilles (spécifications)

□ Lentille et taille du capteur:

- Capteurs avec taille de $\frac{1}{4}$ " à 1.5" (0.6 à 3.5 cm)
- Lentilles conçues spécifiquement pour une taille donnée de capteurs.
- Une lentille trop petite donnera une image avec des coins noirs, une lentille trop grande donnera un champ de vue plus petit que la spécification de la lentille.



Lentilles (spécifications)

PENTAX

CERTIFIED ISO 9001 & ISO 14001
CE MARKING EN50130-4/A-1: 1998

MODEL	FOCAL LENGTH [MM]	IRIS RANGE	MOUNT	HORIZONTAL ANGLE OF VIEW			FILTER SIZE [MM]	DIMENSIONS (D L)(W H L) [MM]	WEIGHT (G)	REMARKS	PAGE
				1/4 FORMAT	1/3 FORMAT	1/2 FORMAT					

Monofocal Manual Iris Lens

1/4 FORMAT

QS210(C40206)	2.2	1.0 - C	CS	92.60				36.8 36.3	44		4
QS310(C40301)	3.0	1.0 - C	CS	64.24				36.8 33.8	40		4
QS610(C40601)	6.0	1.0 - C	CS	34.83				36.8 33.8	37		4

1/3 FORMAT

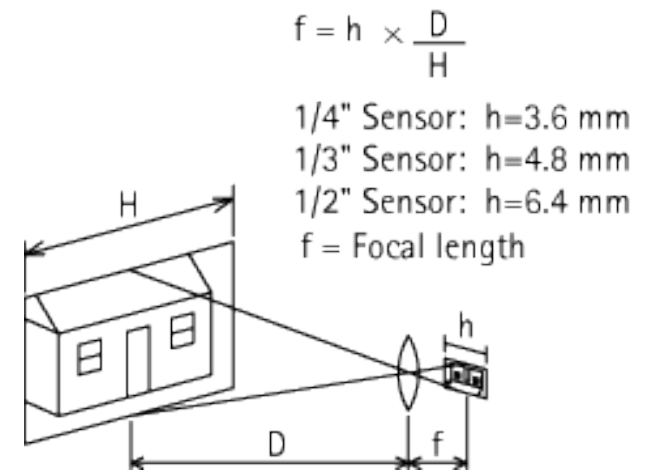
TS212A(C70214)	2.8	1.2 - C	CS	71.54	94.30			36.8 36.3	44		4
TS320NX(C91665)	3.6	2.0	CS	53.90	72.00			30 8	20	FOR B/W CAMERA	
TS412A(C70409)	4	1.2 - C	CS	49.18	63.89			36.8 33.8	39		4
TS820NX(C91666)	8	2.0	CS	23.90	31.40			30 8	18	FOR B/W CAMERA	
TS812A(C70807)	8	1.2 - C	CS	25.05	33.33			36.8 33.8	34		4

1/2 FORMAT

HS316A(C60305)	3.7	1.6 - C	CS	53.54	71.02	93.67	30.5 P=0.5	32 35.7	34		5
HS614B(C60622)	6	1.4 - C	CS	33.86	44.55	57.81	30.5 P=0.5	32 35.7	32		5
HS1214D(C61217)	12	1.4 - C	CS	16.55	22.06	29.42	30.5 P=0.5	32 35.7	26		5
H416(C60402)	4.2	1.6 - C	C	47.87	64.27	86.77		42 43.5	120		5
H612A(C60607)	6	1.2 - C	C	32.97	43.55	56.93	40.5 P=0.5	42 46	125	LOCK SCREW EXTRA	5
H1212B(C61215)	12	1.2 - 22	C	16.93	22.60	30.18	27.0 P=0.5	30 35.5	67	LOCK SCREW EXTRA	5

Lentilles (spécifications)

- Quelques spécifications:
 - Longueur focale: Détermine le champ de vue horizontal à une distance donnée.
 - $f = h * (D/H)$
 - Iris: Détermine la quantité de lumière qui franchit la lentille (influence la profondeur de champ).
 - F-number= Longueur focale divisée par diamètre d'ouverture de l'iris. C'est le ratio de la longueur focale sur diamètre effectif de la lentille. Plus le ratio est petit, plus de lumière atteint le capteur, mais la profondeur de champ diminue.



Bibliographie

- ▣ D.A. Forsyth, J. Ponce, Computer Vision: A Modern Approach, Prentice Hall, 2002
- ▣ L.G. Shapiro, G.C. Stockman, Computer Vision, Prentice-Hall, 2001
- ▣ L.M. Fuentes, S.A. Velastin, People tracking in surveillance applications, in 2nd IEEE Int. Workshop on PETS, 2001
- ▣ Wikipedia