Université Larbi Ben Mhidi-Oum El Bouaghi
Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie

CHAPITRE 2 : LA VISION ET LA PRÉCISION

LA MATIÈRE : IMAGERIE INDUSTRIELLE

Présentée par :
Mme M. Chibani

SOMMAIRE

1. Principe d'acquisition

2. Principales caractéristiques des capteurs

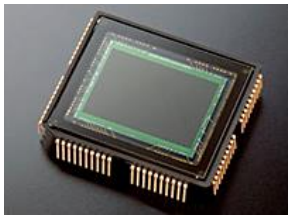
3. Caractéristiques des caméras

4. Fonctionnalités des caméras

5. Le dispositif optique

1.PRINCIPE D'ACQUISITION

- ✓ L'objectif d'une caméra est d'enregistrer l'image formée sur son capteur et de la convertir dans un format qui peut être transféré à d'autres dispositifs affichant, stockant ou analysant cette image.
- ✓ L'acquisition se fait grâce à un capteur photosensible. Ce dernier ressemble à un petit capteur solaire d'une surface de quelques cm^2. Il est encapsulé dans un circuit électronique. La carte est fixée dans un boitier équipé de plusieurs entrées/sorties.



1.PRINCIPE D'ACQUISITION

- Il convertit le rayonnement (les photons) en électricité grâce à des photodiodes qui convertissent les photons bombardant la jonction en une proportion équivalente d‘électrons.
- Ces cellules photosensibles sont appelées des pixels (picture elements). Ils mesurent quelques µm.
- Pour que l'information envoyée par le capteur soit la plus proche possible de la scène réelle, les conditions suivantes doivent être optimisées :

1.PRINCIPE D'ACQUISITION

- **Conditions d‘éclairage :** plus le rayonnement entrant dans la photodiode est intense, plus le nombre d'électrons générés est important.
- **Temps d'exposition :** plus le capteur est exposé longtemps à la scène, plus le flux d'électrons correspondra à la scène réelle.
- **Optique correcte :** le nombre maximum d'éléments photosensibles doit capter ce rayonnement, afin que l'image ait la bonne taille.

Il existe deux technologies de capteurs:

- CCD : Charge Coupled Device.
- CMOS : Complementary Metal Oxide Semi-conductor.

1.PRINCIPE D'ACQUISITION-LA TECHNOLOGIE CCD

Une fois le signal lumineux capturé :

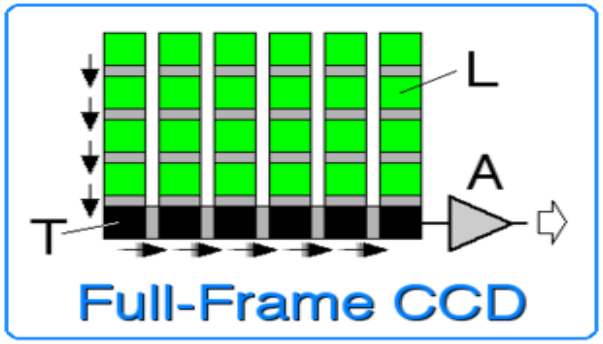
- La quantité d'électrons accumulés est mesurée. La charge de chaque photodiode est transférée à une broche de sortie du CCD, et le signal est converti en tension, mis en mémoire tampon et transmis au système comme n'importe quel signal analogique.
- Une fois lu et mesuré, le signal est amplifié et converti en signal numérique par un circuit externe. Il peut alors être manipulé par le processeur d'image et enregistré.

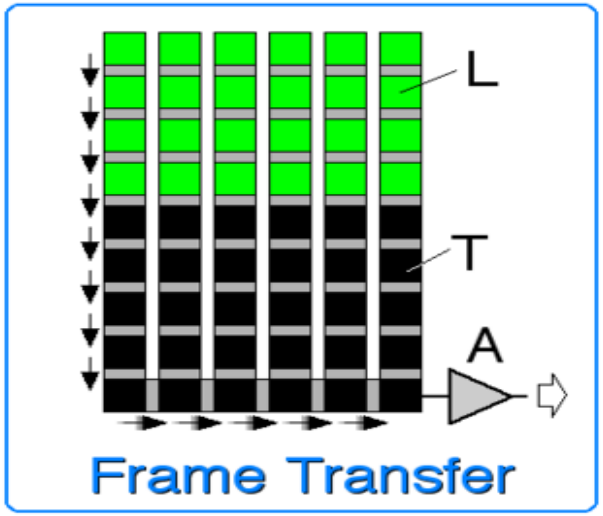
1.PRINCIPE D'ACQUISITION-LA TECHNOLOGIE CCD

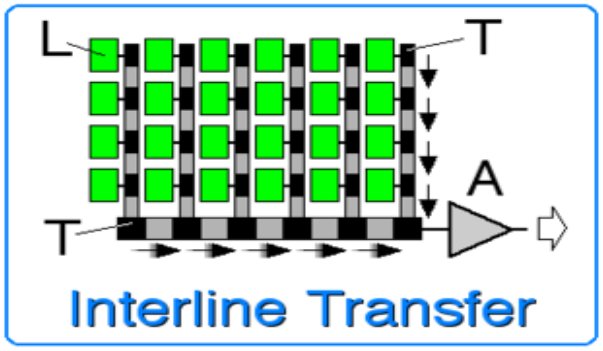
Modes de transfert :

- **Transfert parallèle-série :** la zone sensible est la même que la zone de stockage. Les cellules sont couplées verticalement et toutes les lignes sont transférées en parallèle vers un registre à décalage.
- **Transfert de trame :** La zone de stockage est séparée de la zone sensible par un masque métallique. Chaque charge est "copiée" dans la zone de stockage, et ce n'est qu'ensuite qu'elle est transférée comme auparavant.
- **Transfert interligne :** Les registres à décalage sont placés entre les lignes de pixels et protégés du flux de photons. Le temps de transfert (temps d'obturation) est très court.

1.PRINCIPE D'ACQUISITION-LA TECHNOLOGIE CCD



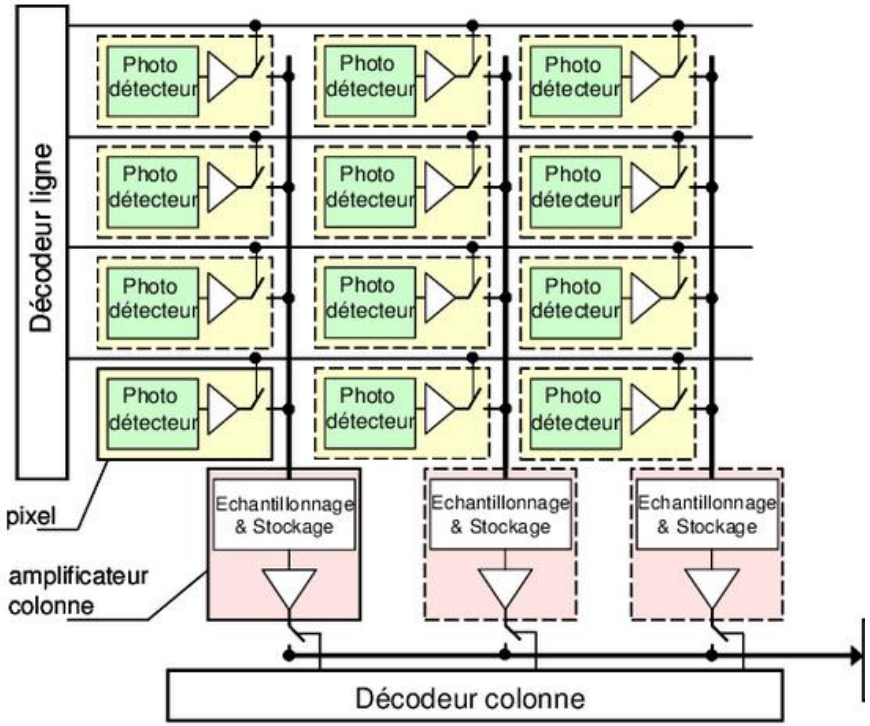




1.PRINCIPE D'ACQUISITION-LA TECHNOLOGIE CMOS

- En CMOS, chaque photodiode est connectée à un amplificateur à transistor. Chaque pixel assure directement sa propre conversion de charge en tension et peut être traité individuellement ou par blocs..
- Le capteur contient un dispositif complexe d'amplification, de réduction du bruit et un circuit numérique associé. La sortie n'est plus un signal analogique, mais un signal numérique.
- Bien que moins coûteuse, la technologie CMOS présente un faible rapport signal/bruit, qui peut être compensé par un traitement embarqué. Il existe également de nombreuses versions de ce type de capteur.

1.PRINCIPE D'ACQUISITION-LA TECHNOLOGIE CMOS



1.PRINCIPE D'ACQUISITION-COMPARAISON CCD/CMOS

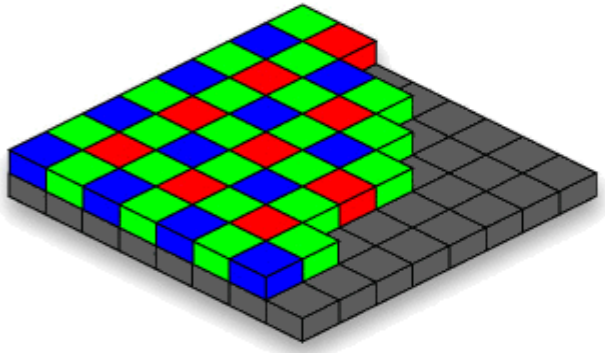
	CCD	CMOS
Avantages	• Qualité d'images élevée • Bruit très faible • Haute sensibilité	• Possibilité de lire des zones de la matrice (fenêtrage) • Compact • Faible consommation • Faible coût
Inconvénients	• Saturation à haute luminosité • Pas de possibilité de fenêtrage	• Bruit • Peu sensible à faible luminosité

1.PRINCIPE D'ACQUISITION-ACQUISITION D'UNE IMAGE COULEUR

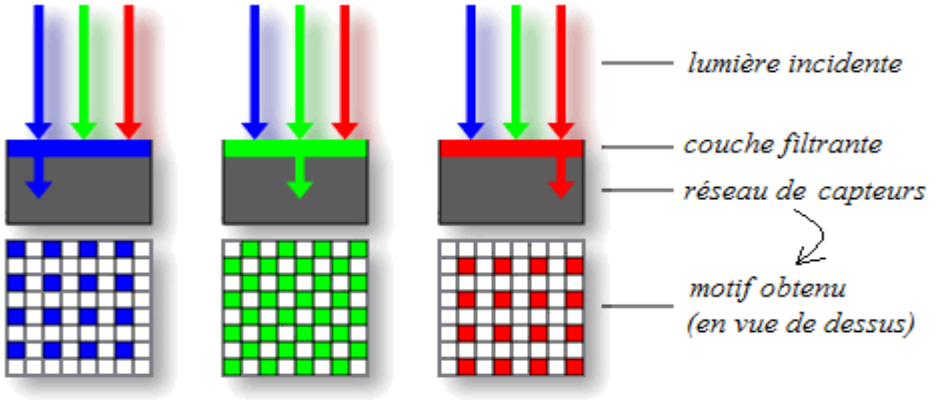
Tous les capteurs, quelle que soit leur technologie, sont monochromatiques, contrairement à l'œil humain. Il existe donc 2 techniques d'enregistrement de l'information couleur avec les caméras.

Filtre de Bayer

Un capteur photosensible se compose d'une matrice photosensible unique dans laquelle chaque pixel est couvert par une séquence de filtres rouges, verts et bleus.

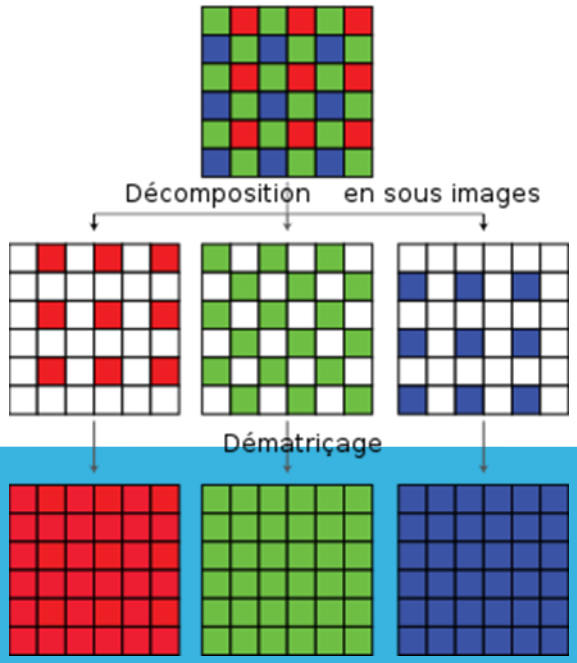


Matrice de Bayer



1.PRINCIPE D'ACQUISITION-ACQUISITION D'UNE IMAGE COULEUR

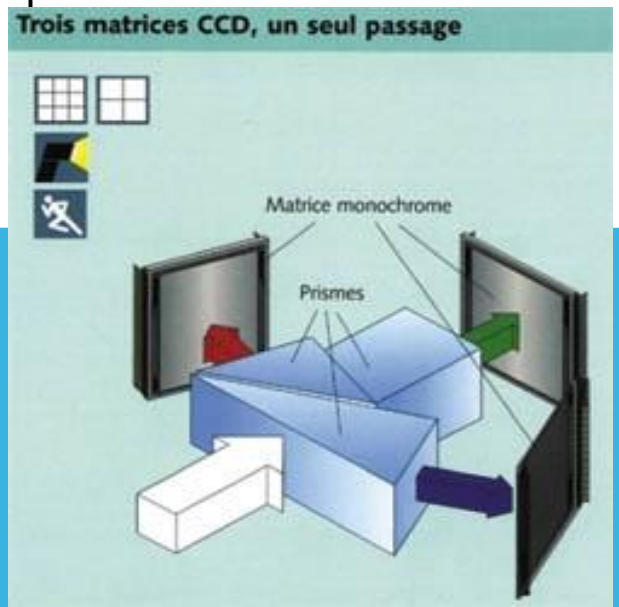
- Pour obtenir une image en couleur, il faut connaître les valeurs de rouge, de vert et de bleu de chaque pixel. Ces valeurs doivent donc être interpolées à l'aide d'un algorithme. Cela se fait par interpolation dans la caméra ou la carte d'acquisition.



1.PRINCIPE D'ACQUISITION-ACQUISITION D'UNE IMAGE COULEUR

Caméra couleur à trois capteurs

- Les caméras à 3 capteurs utilisent un prisme pour séparer la lumière blanche provenant de l'objectif en 3 composantes (RVB). Un capteur différent est utilisé pour chaque couleur.
- Ces caméras offrent une meilleure qualité et fidélité des couleurs, ainsi qu'une résolution spatiale complète pour chaque couleur. Elles sont forcément plus chères que la solution précédente.

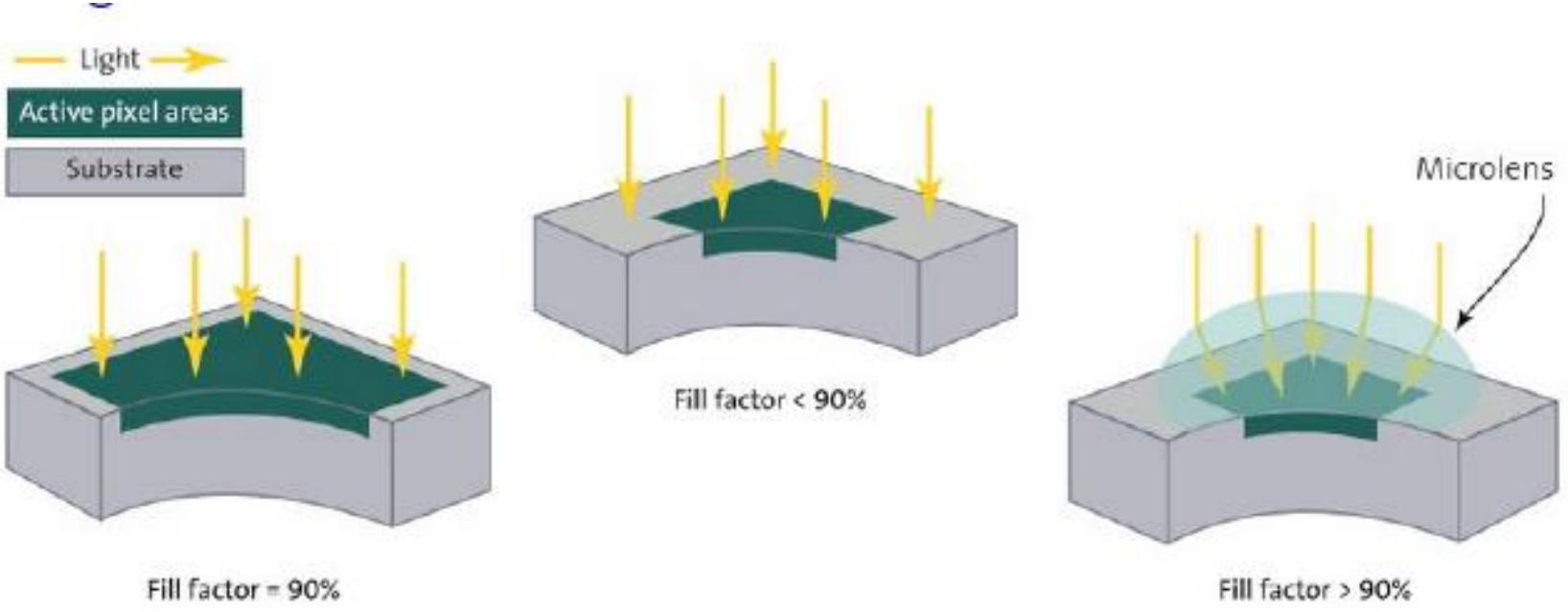


2.PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DES CAPTEURS-DIMENSIONS DES CAPTEURS

Type	Diagonale (mm)	L H(mm)
SFF	43.3	24 x 36
APS C	26.7	22.2 x 14.8
4/3"	21.6	17.3 x 13
µFT	21.6	17.3 x 13
1.2"	21.4	15.15 x 15.15
1.1"	17.6	14.2 x 10.4
1"	15.8	12.7 x 9.5
1/1.2"	13.3	11.3 x 7.1
2/3"	11	8.8 x 6.6
1/1.8"	8,9	7.18 x 5.32
1/2"	8	6.4 x 4.8
1/3"	6	4.8 x 3.6
1/4"	4.6	3.65 x 2.74

2.PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DES CAPTEURS-FACTEUR DE REMPLISSAGE

- Le facteur de remplissage (Fill factor) est le pourcentage de la surface du pixel qui est effectivement photosensible. Dans l'idéal, il devrait être 100% mais les circuits auxiliaires (registres à décalage, par exemple) réduisent la taille de cette surface sensible (parfois de 30 %).
- Cela entraîne une réduction de la sensibilité et des effets de crénelage. Pour résoudre ce problème, des microlentilles convergentes sont placées sur chaque pixel, comme le montre la figure suivante:

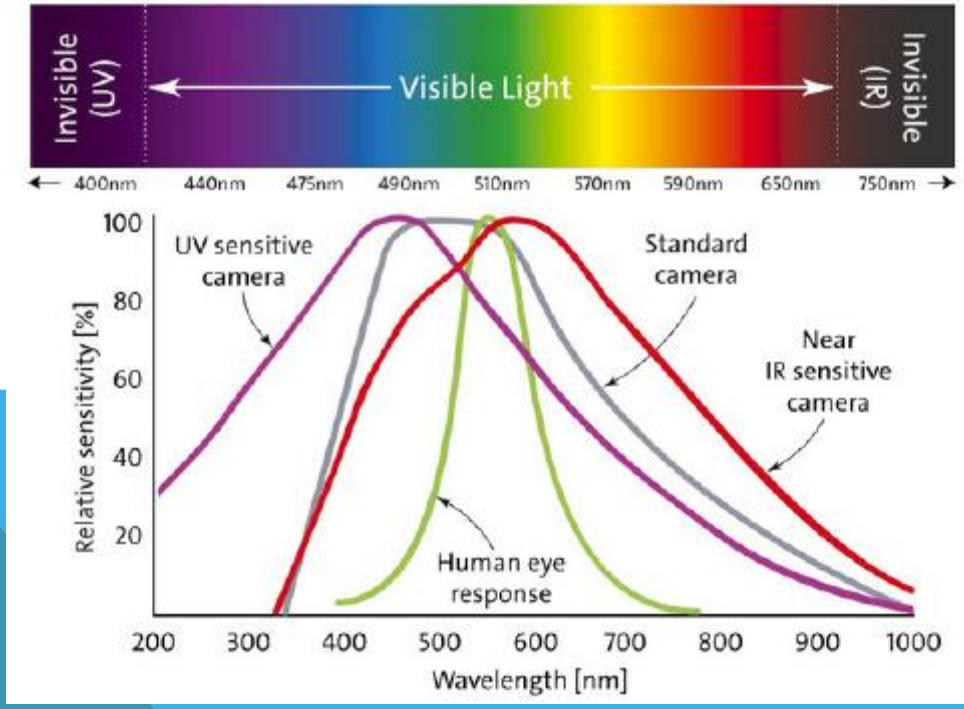


2.PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DES CAPTEURS-CAPACITÉ DU PUIS DE CHARGE (WELL CAPACITY)

- C'est la quantité de charge qu'un pixel peut stocker. Cette quantité est directement liée a la dynamique du capteur.
- La gamme dynamique du capteur définit la largeur de la plage de gradation accessible entre le noir pur (absence de lumière sur le pixel) et le blanc pur (pixel saturé). Elle définit le niveau de détail de l'image. L'œil humain ne peut différencier que 60 niveaux de gris.

2.PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DES CAPTEURS-RÉPONSE SPECTRALE

- La plupart des capteurs de cameras industrielles fonctionnent dans la plage des lumières visibles, mais ils peuvent atteindre une longueur d'onde de 1000 nm dans l'infrarouge et de 400 nm dans l'ultraviolet.
- Si vous devez travailler en dehors de cette plage, vous avez besoin de caméras spécialisées.



3.CARACTÉRISTIQUES DES CAMÉRAS

Résolution

Il représente le nombre de pixels que contient votre capteur et, par conséquent, la taille maximale de votre image.

Nombre d'images/sec (frames per second)

- Il correspond au nombre d'images que l'appareil photo peut produire en 1 seconde. Ce temps ne prend pas en compte le temps de traitement de l'image.
- Si votre taux de production est de 20 produits par seconde, votre caméra doit être capable de gérer ce taux..

3.CARACTÉRISTIQUES DES CAMÉRAS

Pixel clock

C'est la fréquence à laquelle les pixels sont lus. Par exemple pour un fps de 16 images/s et une résolution de 640 x 480, le pixel clock est d'environ 4.9 MHz.

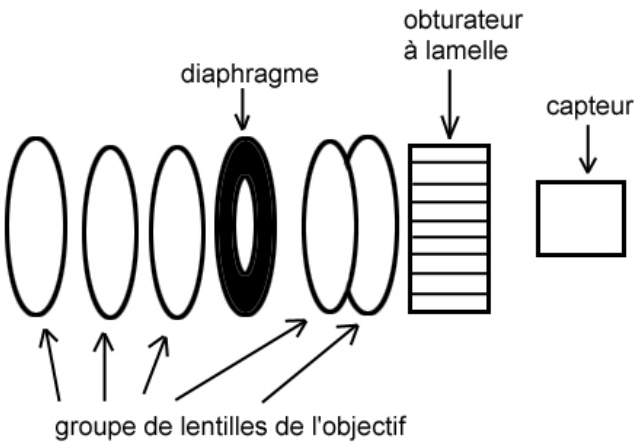
Temps d'exposition

C'est le temps durant lequel l'obturateur laisse passer la lumière.

Plus le capteur est expose longtemps, plus la charge d‘électrons sera forte (signal plus fort) mais plus il risque d'être bruite.

3.CARACTÉRISTIQUES DES CAMÉRAS

L'obturateur



3.CARACTÉRISTIQUES DES CAMÉRAS

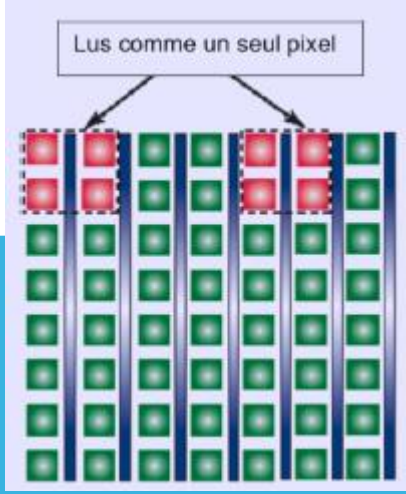
Temps d'obturation (shutter)

- L'obturateur empêche les photosites d'être chargés pendant une fraction du temps d'analyse des images.
- Si l'objet à surveiller est en mouvement, sa vitesse doit être adaptée à la vitesse du mouvement, sinon l'acquisition sera floue.
- Plus le temps d'obturation est court, plus les objets se "figent", mais comme le temps d'exposition est réduit, moins de lumière pénètre dans le capteur, vous devez donc augmenter l'ouverture de l'objectif ou utiliser un éclairage plus puissant.

4.FONCTIONNALITÉS DES CAMÉRAS

Binning

Il s'agit d'une fonction qui permet de coupler des pixels de manière à ce que les charges de chaque pixel soient additionnées. Ce groupe de pixels est lu comme un seul pixel.Cette méthode réduit la résolution mais augmente la sensibilité ainsi que le nombre d'images par seconde et le rapport signal/bruit.



4.FONCTIONNALITÉS DES CAMÉRAS

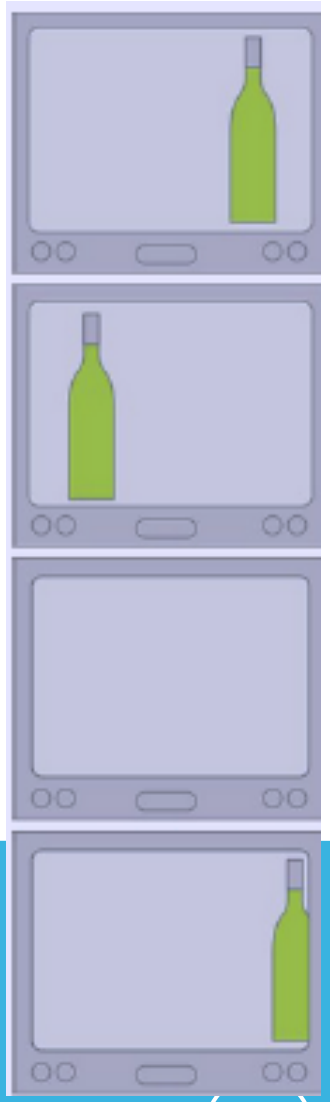
Scan partiel ou région d'interét

Cette fonctionnalité vous permet de travailler sur des parties d'images afin d'augmenter le nombre d'images/seconde.

4.FONCTIONNALITÉS DES CAMÉRAS

Modes de déclenchement

Si aucun déclencheur externe n'est utilisé, la caméra capture des images à la fréquence pour laquelle elle a été conçue. Malheureusement, la position de l'objet dans l'image peut être différente à chaque fois(voire objet absent) comme le montre la figure.



4.FONCTIONNALITÉS DES CAMÉRAS

Le déclenchement **asynchrone** permet d'acquérir des images à des moments totalement déterminés). Il existe différentes méthodes de déclenchement:

1. **Déclenchement sur front :** Il représente le mode le plus simple de contrôle d'une caméra. Le front descendant du signal de déclenchement déclenche la prise de vue. Le temps d'exposition est prédéterminé.
2. **Contrôle par largeur d'impulsion** : Outre le front descendant qui déclenche la capture, le temps d'exposition est défini par la largeur de l'impulsion de déclenchement.
3. **Lecture d'image retardée :** Dans ce mode, la disponibilité de l'image est retardée d'un certain temps. Pendant ce temps, l'image est stockée dans les registres verticaux du CCD. Cela permet, par exemple, de synchroniser un système avec plusieurs caméras