

# Traitement Numérique de l'Image

## Le Système d'Acquisition - Numérisation

TELECOM Nancy 2<sup>ème</sup> Année

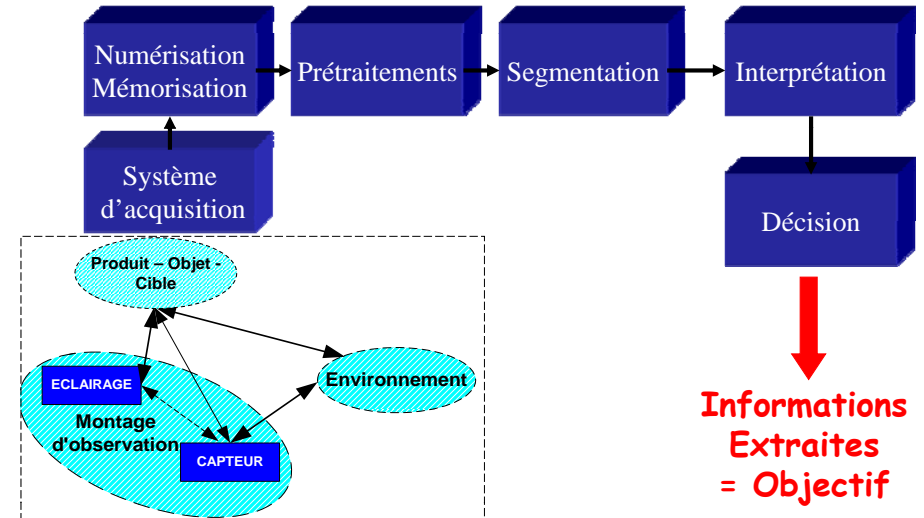
Vincent Bombardier  
(Mdc 61<sup>ème</sup> Section)

Centre de Recherche en Automatique de Nancy -UMR CNRS 7039-  
Département: Ingénierie des Systèmes Eco-Technique  
Projet Systèmes Intelligents Ambiants

ISET

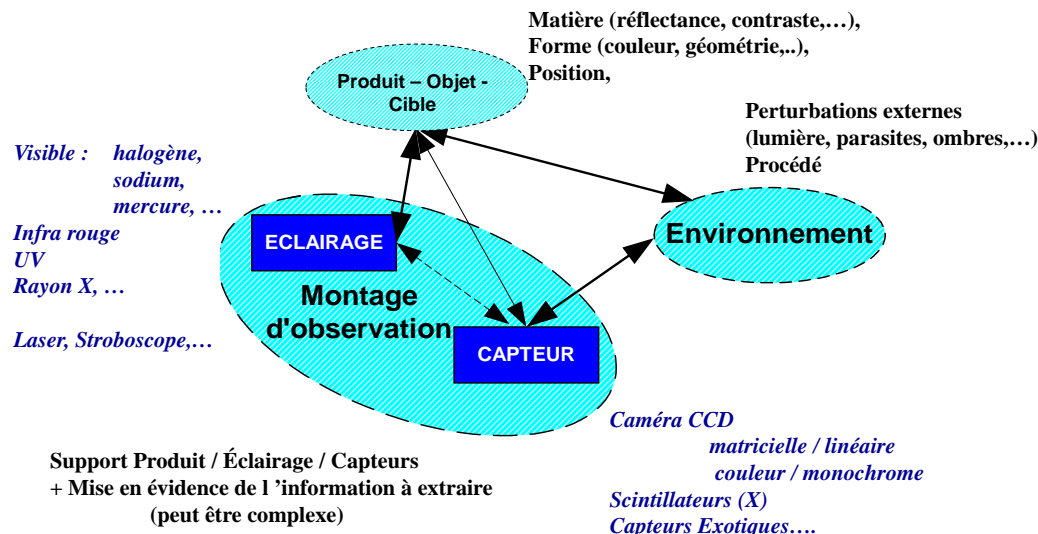
## Acquisition

### Numérisation : Modèle de vision artificielle



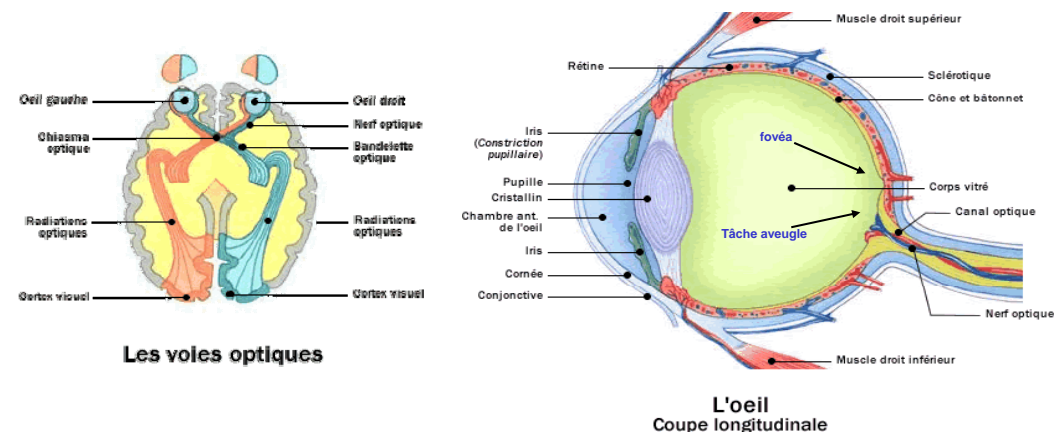
## Acquisition

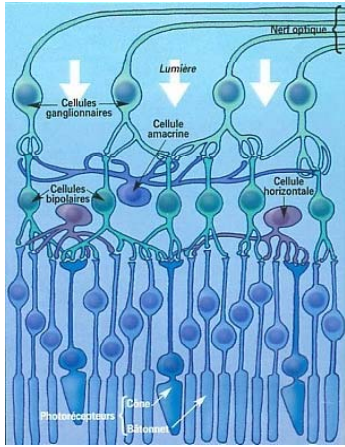
### Numérisation : Les différentes entités



## Acquisition

### Numérisation : Le système visuel Humain

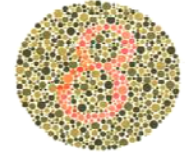




- *Comparaison :*
  - Rétine : **140 millions** de photorécepteurs
  - Appareil photo numérique haut de gamme (2004) : **10 millions** de pixels
- *Cellules photo-réceptrices :*
  - Cônes
  - Bâtonnets

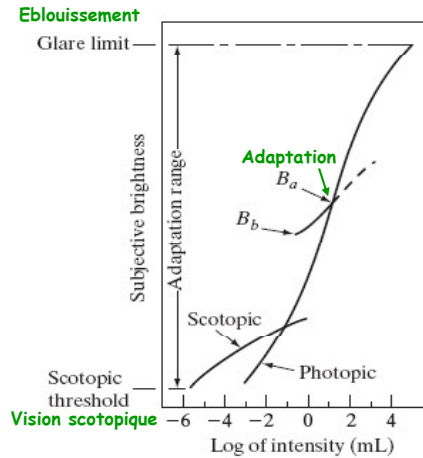
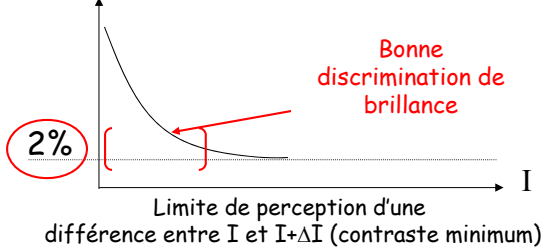
Les différentes couches de la rétine

- **Bâtonnets :**
  - ↪ Vision scotopique (faible illumination)
  - ↪ Très sensible (répondent à un seul photon)
  - ↪ 120 millions dans chaque oeil
  - ↪ Absents de la fovéa. Situés en périphérie de la rétine
- **Cônes :**
  - ↪ Vision photopique (illumination forte)
  - ↪ Moins sensible (que les bâtonnets)
  - ↪ 6 à 7 millions dans chaque oeil
  - ↪ Principalement situés dans la fovéa
  - ↪ La densité diminue en fonction de la distance à la fovéa
  - ↪ 3 types de cônes → modèle de couleur 3D
  - ↪ Type de cône manquant → daltonisme



Test d'Ishihara : Un individu à vision normale voit un 8. Un déficient rouge-vert voit un 3.

$\Delta I/I$  (contraste)



$$\Delta B = \frac{\Delta I}{I}$$

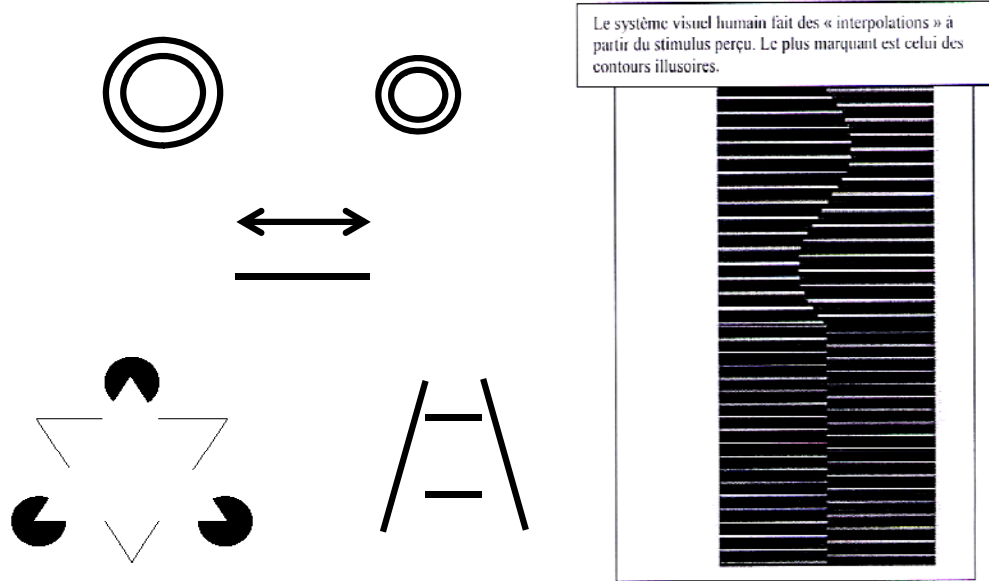
$$B \approx \text{Log } I \quad \Delta B \neq \Delta I$$

- Phénomène de Mach : L'œil agit comme un dérivateur dans les basses fréquences et un intégrateur dans les hautes fréquences.



## Acquisition

### Numérisation : Effets sur la perception de la luminance

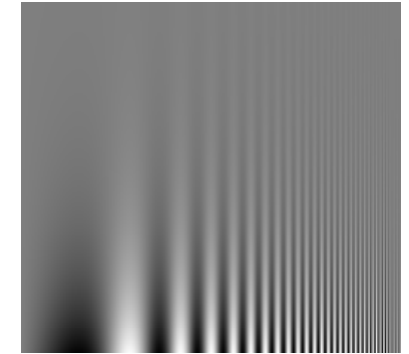
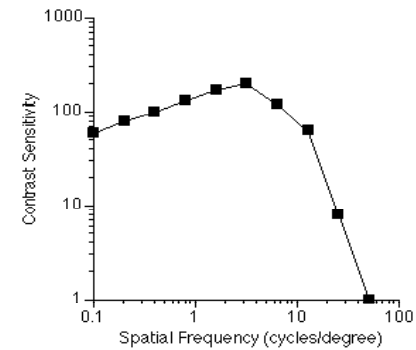


## Acquisition

### Numérisation : Perception des fréquences spatiales

- Sensibilité au contraste optimale entre 3 et 5 cycles/deg (rad)
- Résolution maximale pour une mire verticale ou horizontale. Sensibilité minimale lorsque l'on incline la tête à 45° (système visuel adapté à un environnement où les changements d'intensité verticaux et horizontaux sont prédominants).

Fonction de sensibilité au contraste



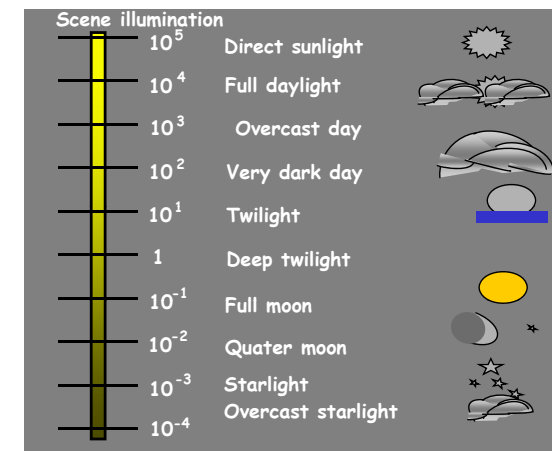
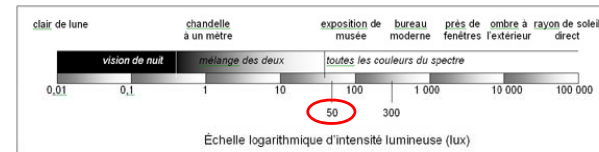
## Acquisition

### Numérisation : Définitions - Unités photométriques

- **Flux Lumineux** :  $F$  en Lumen (lm)
  - ↪ Puissance totale de la lumière émise ou reçue par une surface donnée
- **Eclairement** :  $E$  en Lux (lx ou lm/m<sup>2</sup>)
  - ↪ Flux lumineux reçu par unité de surface (0.0003 à 100000 lx)
  - ↪ Flux émis : Emittance
- **Intensité lumineuse** :  $I$  en Candela (Cd)
  - ↪ Donnée pour une source ponctuelle dans une direction donnée : Flux lumineux émis par unité d'angle solide (stéradian)
- **Luminance** :  $L$  en nit (Cd / m<sup>2</sup>)
  - ↪ Intensité lumineuse pour des sources non ponctuelles, par unité de surface ⊥ à la direction d'émission
- **Efficacité Lumineuse** :  $K$  en lm / W
  - ↪ Rapport entre le flux lumineux et le flux de puissance rayonnée

## Acquisition

### Numérisation : Eclairement d'une scène



## Acquisition

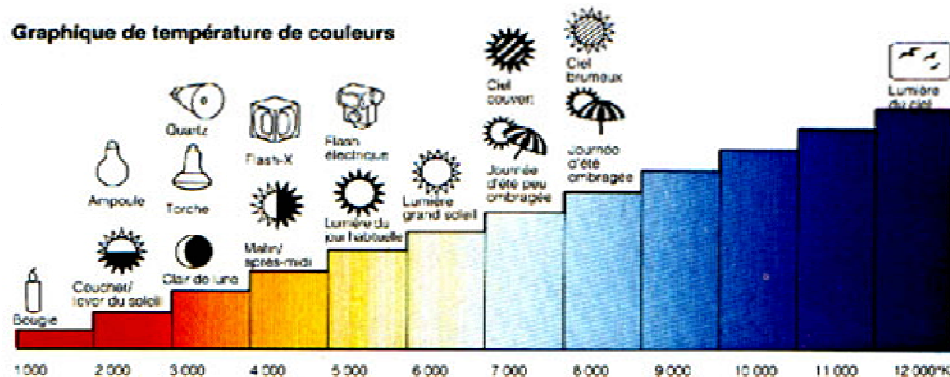
### Numérisation : Température de couleur

- La composition spectrale d'une source de lumière incandescente à spectre continu, comme l'est celle du soleil, peut être définie avec précision par sa *température de couleur* (ou "Tc") en *kelvins* (K) ou en *mired*.

En effet, pour les corps incandescents - dits "corps noirs" - il y a un rapport constant entre la température du corps chauffé et la composition de la lumière qu'il émet.

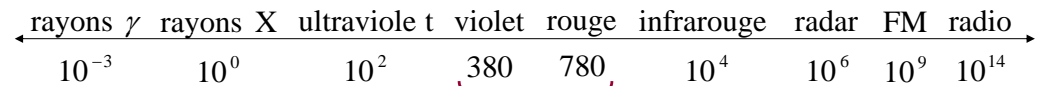
$$\text{Valeur mired} = 1\,000\,000 / T \text{ (K)}$$

Graphique de température de couleurs

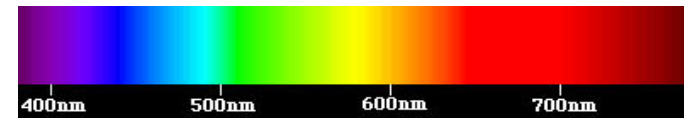


## Acquisition

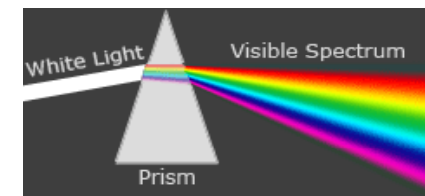
### Numérisation : Lumière: onde électromagnétique



Domaine du visible



La couleur varie en fonction de la longueur d'onde entre 380 et 780 nm



## Acquisition

### Numérisation : Couleur: La tri-chromie

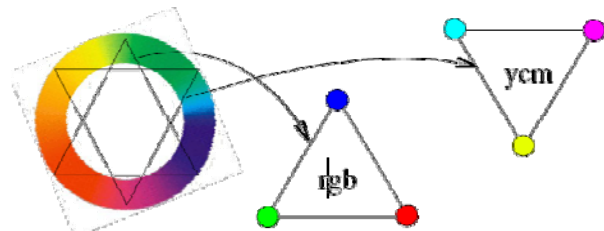
- Le principe de la trichromie réside dans la découverte qu'il suffit d'un triplet de couleurs pures pour restituer - par mélange de ces 3 composantes qu'on peut qualifier de primaires - l'intégralité des couleurs.



« teinte »

« foncé / clair »

« pure / délavé »

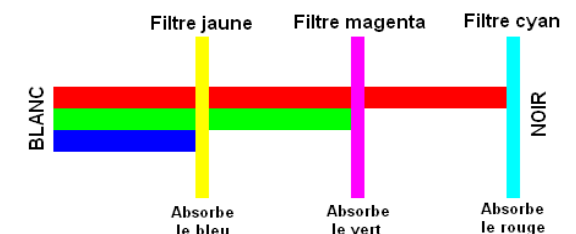
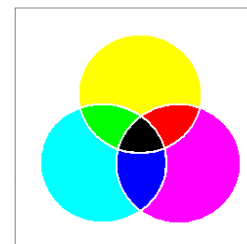


- La question principale que nous allons considérer dans la suite est : « Comment représenter ces couleurs dans un espace qui soit à la fois facile à manipuler et qui soit pertinent en termes d'analyse d'images couleur ? »

## Acquisition

### Numérisation : Système de couleurs soustractif

- Cette lumière interagit avec son environnement qui altère sa couleur. Ainsi une surface rouge absorbe toutes les longueurs d'onde sauf le rouge qu'elle ré-émet (système soustractif): CMJ



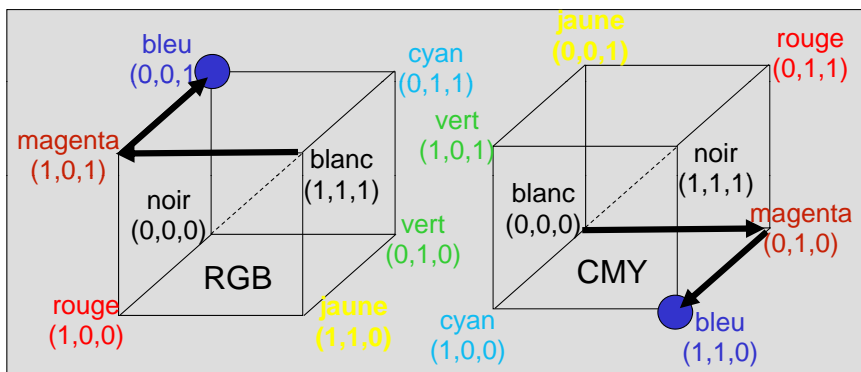
Ex : Blanc - Bleu = Rouge + Vert = Jaune

- Ex : les imprimantes utilisent la synthèse soustractive

## Acquisition

Numérisation :

CMY(K) (imprimante)



$$\begin{bmatrix} C \\ M \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

bleu<sub>CMY</sub>                      bleu<sub>RGB</sub>

- Soustractif : dans l'espace RGB, on commence avec le blanc, puis on soustrait la quantité voulue de vert (avec encre magenta), puis de rouge (avec encre cyan), etc...

## Acquisition

Numérisation :

CMY(K) (imprimante)

$$\begin{bmatrix} C_k \\ M_k \\ Y_k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C \\ M \\ Y \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} K \\ K \\ K \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 0.0_k \\ 0.0_k \\ 0.1_k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.5 \\ 0.5 \\ 0.6 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0.5 \\ 0.5 \\ 0.5 \end{bmatrix}$$

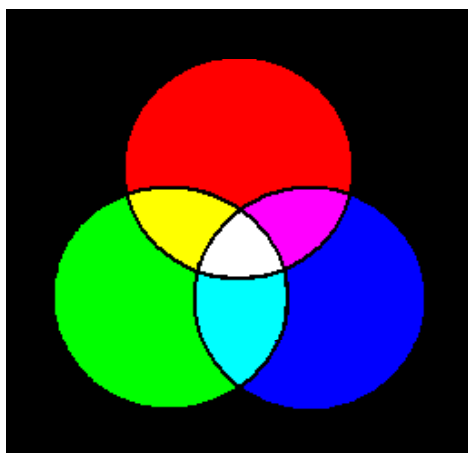
- $K = \min(C, M, Y) \rightarrow$  Encre noire
- Si on veut générer un gris moyen légèrement jaune, au lieu d'avoir  $(C, M, Y) = (0.5, 0.5, 0.6)$ , on aura  $(C, M, Y, K) = (0.0, 0.0, 0.1, 0.5)$  c-à-d qu'on utilise la cartouche d'encre noire pour la composante grise (0.5) et un peu de jaune (0.1) au lieu d'utiliser les 3 cartouches C, M, Y.

## Acquisition

Numérisation :

Système de couleurs additif

- La lumière (couleur) est émise d'une source lumineuse (système additif): RVB



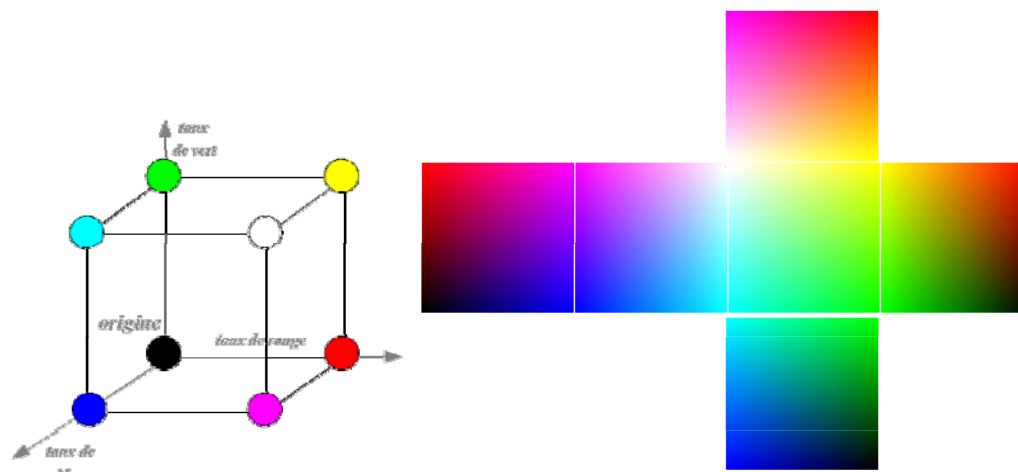
Bleu + Vert = Cyan  
 Bleu + Rouge = Magenta  
 Vert + Rouge = Jaune  
 Bleu + Vert + Rouge = Blanc

## Acquisition

Numérisation :

Espace Colorimétrique RGB (Moniteur)

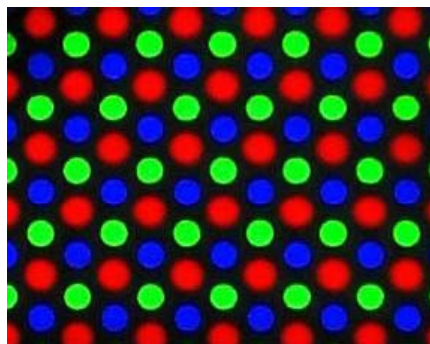
- Additif
- La couleur obtenue dépend des phosphores de chaque moniteur



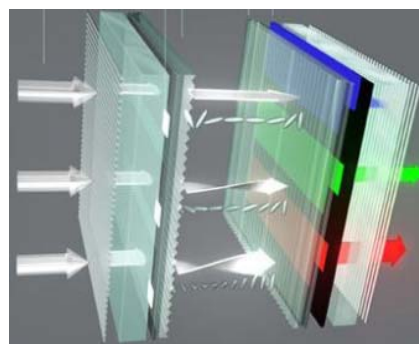


## Acquisition Numérisation : Système de couleurs additif

➤ Ce principe de synthèse additive de la couleur se retrouve dans la plupart des dispositifs lumineux de restitution de la couleur : CRT, LCD, Plasma.



Dans les écrans cathodiques (CRT), 3 canons à électrons balayent une grille de photophores rouges, verts et bleus, avec une intensité variable.

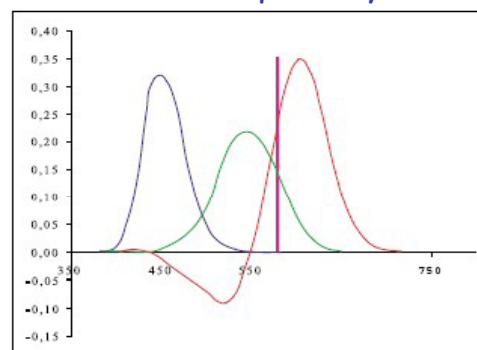


Dans les écrans à cristaux liquides (LCD), 3 matrices de cristaux liquides sont contrôlées par un couple de polariseurs qui change l'orientation, des cristaux, en modifiant la transparence de chaque pixel, ces matrices sont rétroéclairées à travers des filtres rouge, vert et bleu.

## Acquisition Numérisation : Expérience de la CIE

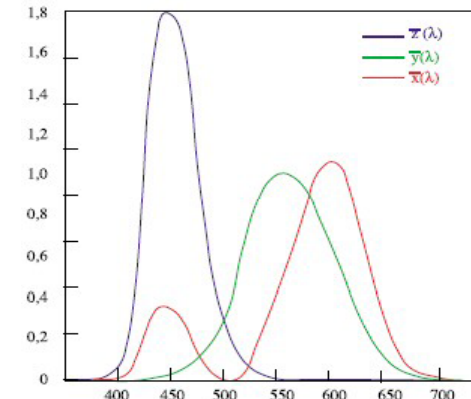
CIE: Commission Internationale de l'Éclairage, Paris

Fonctions colorimétriques du système RVB



- Une couleur → combinaison linéaire de 3 couleurs primaires R, V, B (synthèse additive)
- Problème: recours à des coefficients négatifs  
Ex :  $C(500nm) = -0.07[R] + 0.08[V] + 0.04[B]$

Fonctions colorimétriques du système CIE



- Pour ne pas avoir de réponse négative: Modèle basé sur 3 primaires standard X, Y, Z

## Acquisition Numérisation : Changement de repère colorimétrique RGB ⇔ XYZ

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3.240479 & -1.537150 & -0.498535 \\ -0.969256 & 1.875992 & 0.041556 \\ 0.055648 & -0.204043 & 1.057311 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}$$

Exemple:  $(0.950, 1.000, 1.089) \rightarrow (1, 1, 1)$

Si les valeurs R, G ou B  $\notin [0,1]$  alors la couleur ne peut être réalisée

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.412453 & 0.357580 & 0.180423 \\ 0.212671 & 0.715160 & 0.072169 \\ 0.019334 & 0.119193 & 0.950227 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

Exemple:  $(1, 1, 1) \rightarrow (0.950, 1.000, 1.089)$

## Acquisition Numérisation : Système de référence de la CIE

Proportion de primaires pour obtenir une couleur

$$X = \int_{\lambda} \bar{x}(\lambda) P(\lambda) d\lambda$$

$$Y = \int_{\lambda} \bar{y}(\lambda) P(\lambda) d\lambda$$

$$Z = \int_{\lambda} \bar{z}(\lambda) P(\lambda) d\lambda$$

Répartition spectrale d'énergie

Espace chromatique xy

$$x = \frac{X}{X+Y+Z}$$

$$y = \frac{Y}{X+Y+Z}$$

$$x + y + z = 1$$

Plan  $X+Y+Z=1$

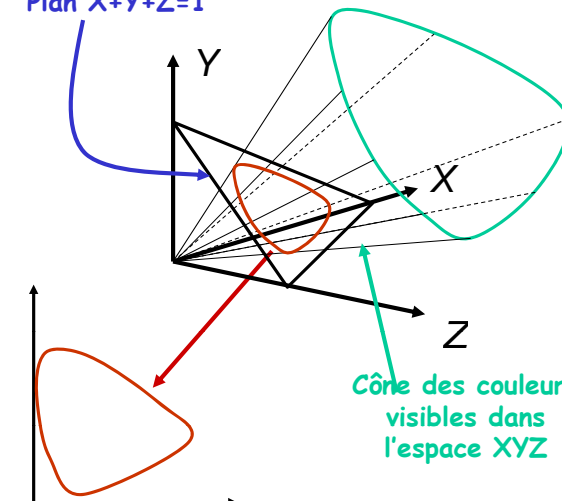
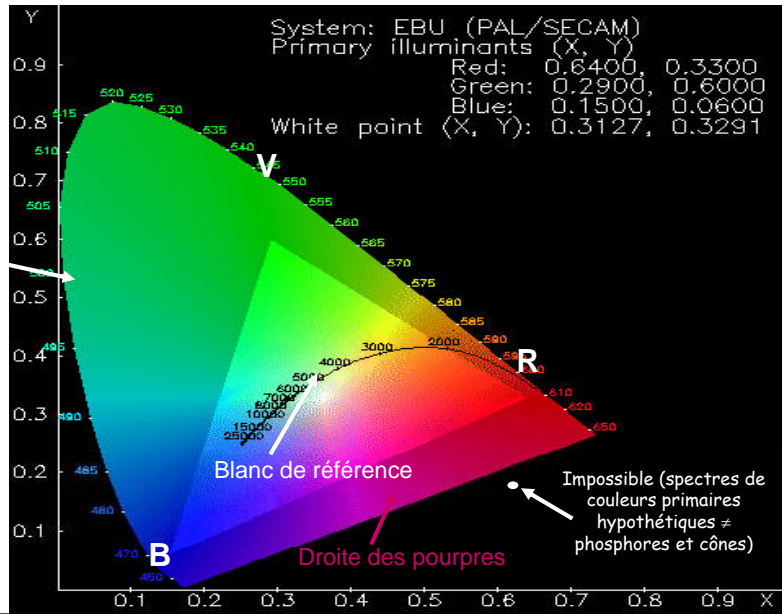


Diagramme de chromaticité CIE  
Intersection du cône et du plan  $X+Y+Z=1$

## Acquisition

Numérisation :

Diagramme de chromaticité CIE xy



Jeudi 10 Septembre 2015

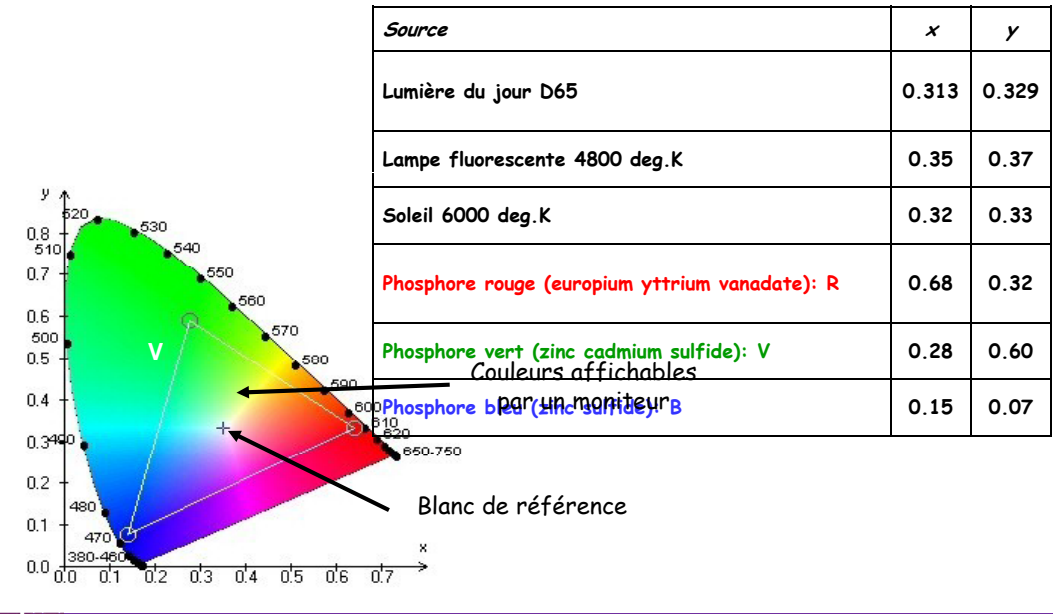
Vincent Bombardier

25

## Acquisition

Numérisation :

Diagramme de chromaticité CIE xy



Jeudi 10 Septembre 2015

Vincent Bombardier

26

## Acquisition

Numérisation :

Perception de la couleur

### ➤ Teinte (Hue)



↪ Déterminée par la longueur d'onde dominante

↪ Ex : rouge, jaune, pourpre, ...

### ➤ Saturation

↪ Indice de pureté



↪ Distance du gris de même intensité

↪ de gris (blanc) à pure

### ➤ Luminance (Lightness)

↪ Intensité de lumière que la couleur réfléchit/transmet

↪ Brillance (brightness) pour émission



Les modèles basés sur ces propriétés sont appelés HSL

Jeudi 10 Septembre 2015

Vincent Bombardier

27

## Acquisition

Numérisation :

Espace HSI

➤ Proche des systèmes utilisés par les artistes et de la perception humaine de la couleur

### ➤ Hue → teinte

↪ Angle entre 0 et 360°

↪ H=0° → rouge

### ➤ Saturation

→ pureté de la couleur

↪ Valeur entre 0 et 1

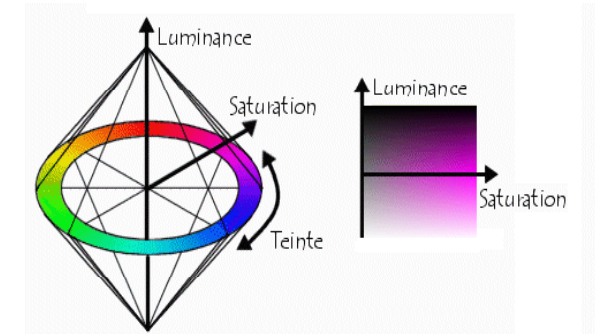
↪ S=0 → gris

↪ S=1 → couleur saturée

### ➤ Intensité

→ Eclat de la couleur

↪ Axe noir-blanc du cube RGB



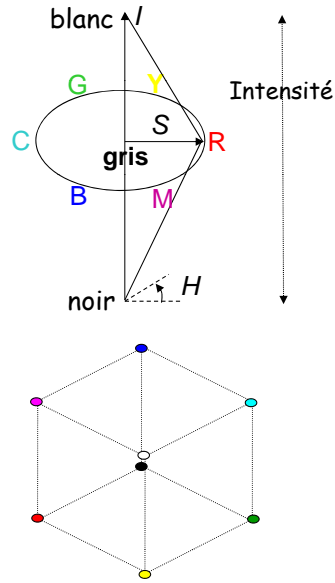
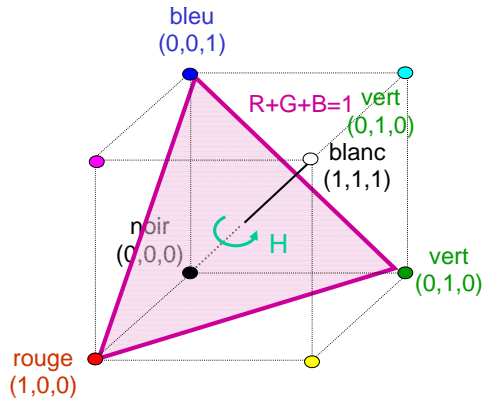
Jeudi 10 Septembre 2015

Vincent Bombardier

28

## Acquisition Numérisation : Espace HSI

- Intensité ~ axe noir-blanc
- Teinte ~ angle autour de l'axe noir-blanc
- Saturation ~ distance à partir de cet axe



## Acquisition Numérisation : Espace HSI

- Formules de conversion RVB → HSI

$$I = \frac{1}{3}(R + G + B)$$

$$S = 1 - \frac{3}{R + G + B} \min(R, G, B)$$

$$H = \arccos \left( \frac{\frac{1}{2}(R - G) + \frac{1}{2}(R - B)}{\sqrt{(R - G)^2 + (R - B)(G - B)}} \right)$$

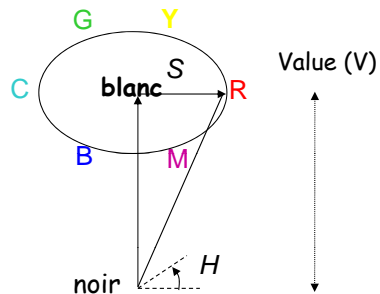
$$H = 360^\circ - H \text{ si } B > G$$

Rmq : R, G, B doivent être normalisés entre 0 et 1

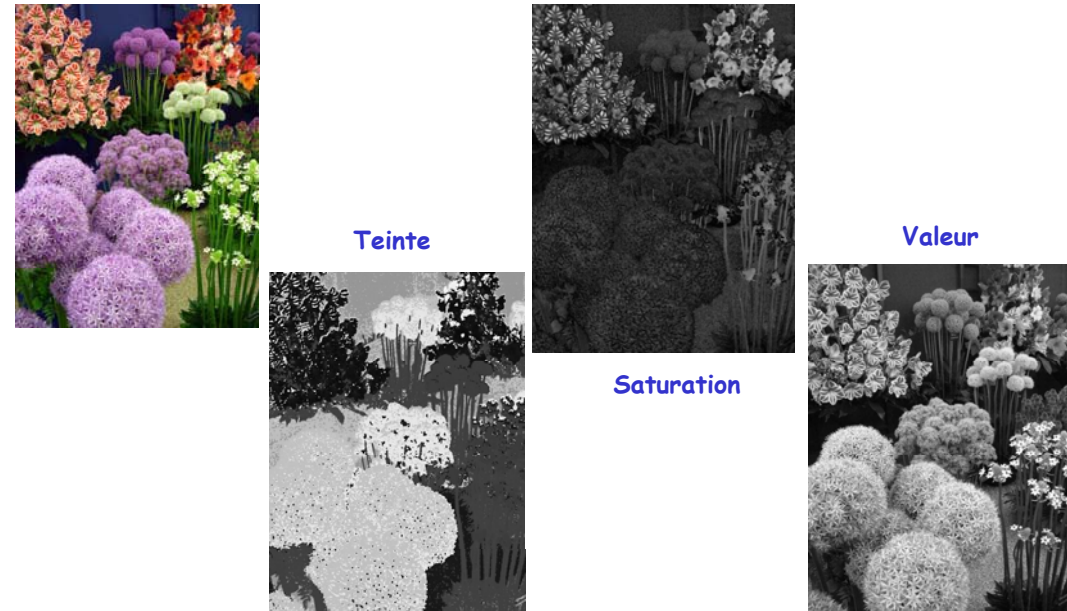
- La transformation inverse HSI → RGB est un peu plus compliquée

## Acquisition Numérisation : Espace HSV

- Le modèle HSV utilise le même principe que HSI mais avec un seul cône plutôt que deux :



## Acquisition Numérisation : Espace HSV

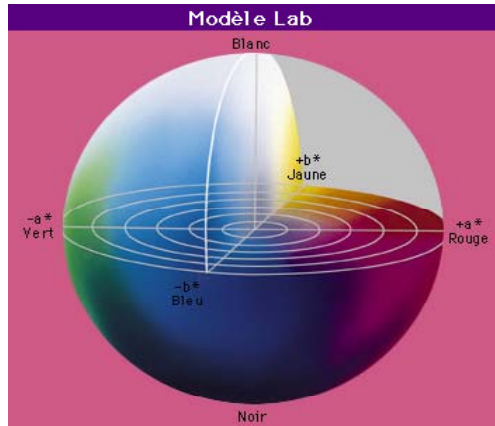




## Acquisition

Numérisation : Modèles basés sur la perception

### CIE 1976 L\*a\*b\*, CIE 1976 L\*u\*v\*



- Transformation NON-linéaire de l'espace CIE XYZ
- Espace quasi-uniforme
  - Si une couleur est 2 fois plus loin d'une autre dans l'espace L\*a\*b\* alors elle sera perçue comme deux fois plus "différente" ce qui n'est pas le cas pour les modèles RGB ou HSI...
  - utilisé pour faire des mesures de couleur

## Acquisition

Numérisation : Modèles basés sur la perception

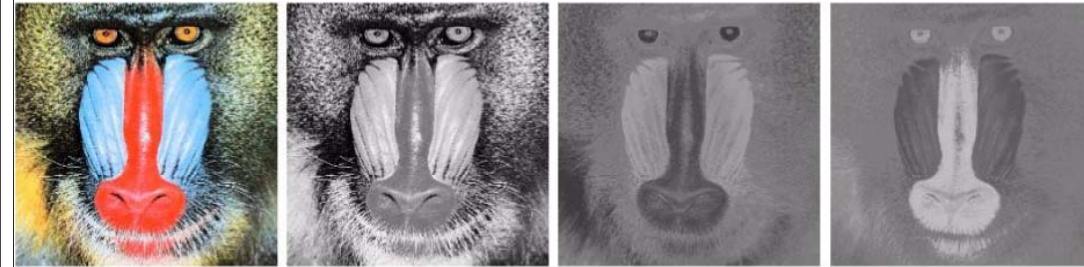
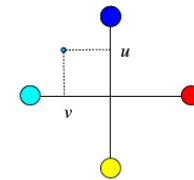


Image couleur

Luminance Y

Chrominance u

Chrominance v



- Les composantes de chrominance u et v représentent respectivement le contraste Bleu/Jaune et le contraste Rouge/Cyan.

## Acquisition

Numérisation : Repère YIQ (NTSC)

- Créé par le National Television Standards Committee (NTSC)
  - ↳ Pour rendre plus efficace la transmission des signaux de télévision
  - ↳ Pour assurer la compatibilité avec les écrans noir-blanc.
- Basé sur la perception visuelle humaine
  - ↳ Œil plus sensible aux variations de luminosité que de teinte
    - Plus d'information sur la composante Y ~ luminance
    - 2/3 de la largeur de bande du signal transmis
  - ↳ Œil plus sensible aux transitions dans une plage orange-bleue que vert-magenta
    - I chrominance (en phase) ~ Couleur orange-cyan (teinte peau), 1/4 du signal
    - Q chrominance (en quadrature) ~ Couleur vert-magenta, 1/12 du signal

$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.596 & -0.275 & -0.321 \\ 0.212 & -0.523 & 0.311 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0.956 & 0.621 \\ 1 & -0.272 & -0.647 \\ 1 & -1.105 & 1.702 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix}$$

## Acquisition

Numérisation : Repère YIQ (NTSC)

- Les téléviseurs noir&blanc n'affichent que Y
- Conversion couleur vers noir&blanc ?

$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.596 & -0.275 & -0.321 \\ 0.212 & -0.523 & 0.311 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

- $Y = 0.299 \cdot R + 0.587 \cdot G + 0.114 \cdot B$
- $Y \approx G$  (et R)
- $I = 1/3 (R+V+B)$  (système HSI)

## Acquisition

### Numérisation : Eclairage : les différents types

#### ➤ Eclairages Non Collimatés ou Diffus

- ☞ Lampes à incandescence (2800 à 3200°K)
  - Halogène (forte puissance, faible durée)
  - Sodium, Mercure, ... (spectre spécifique)
- ☞ Tubes Néons (forme qqconque, faible puissance, faible cout, longue durée, instable)

#### ➤ Eclairage Collimatés ou Structuré

- ☞ LED (forte puissance, facilité d'intégration, stable)
- ☞ Laser (longueur d'onde spécifique, lumière cohérente)

#### ➤ Utilisation

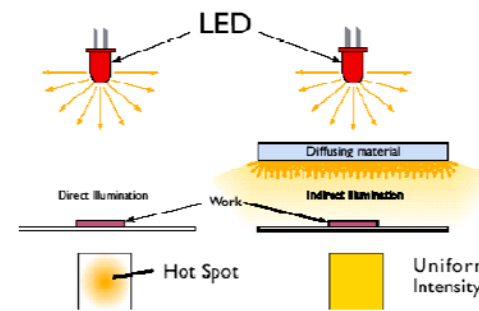
- ☞ Ombre Chinoise (silhouette)
- ☞ Diffus (pas d'ombre portée)
- ☞ Rasant (reliefs : rayures)
- ☞ Coaxial (objets contrastés : caractères)
- ☞ Stroboscopique (objets en mouvement périodique)
- ☞ Fibre Optique (éclairage déporté)

#### ➤ Eclairages « hors visible » (capteurs spécifiques)

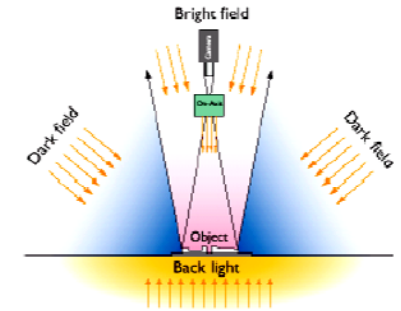
- ☞ Rayons X, Infra rouge, Ultra violet, ...

## Acquisition

### Numérisation : L'Eclairage



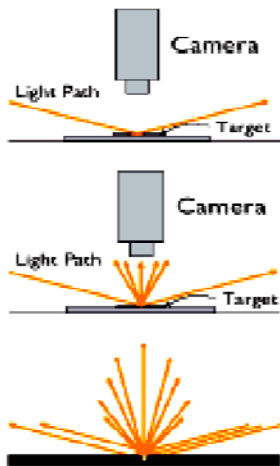
Lumière Diffuse (pas de reflet)



Différents Types d'Eclairage

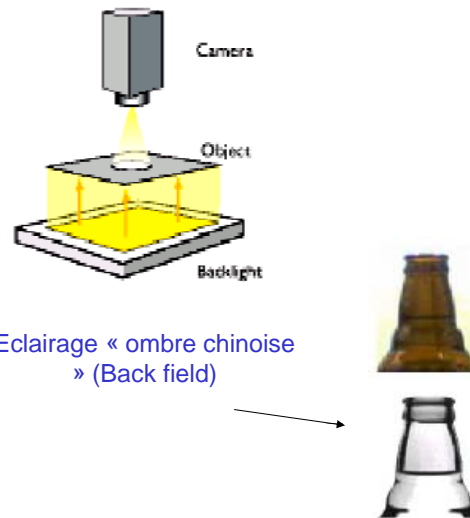
## Acquisition

### Numérisation : L'Eclairage



Eclairage rasant (Dark field)

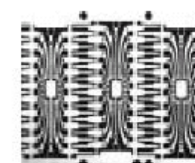
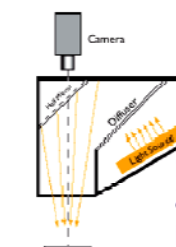
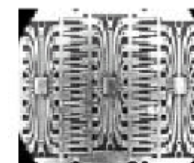
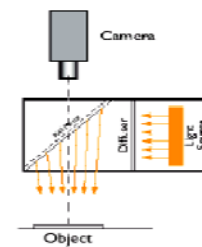
Eclairage « ombre chinoise » (Back field)



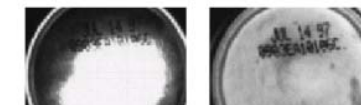
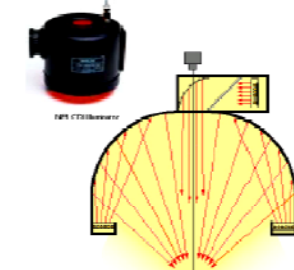
## Acquisition

### Numérisation : L'Eclairage

#### Eclairage Coaxial:

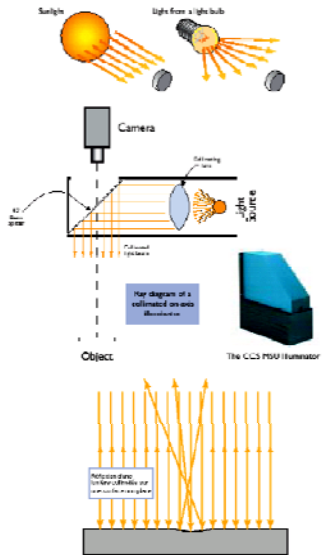


#### Eclairage Dome:

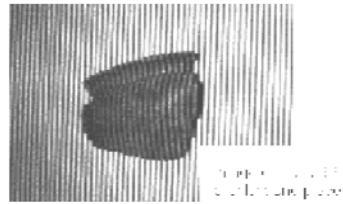


## Acquisition Numérisation : L'Eclairage

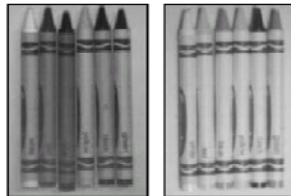
### Eclairage Collimaté:



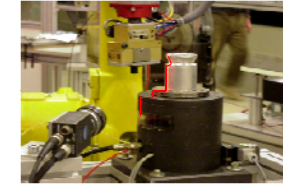
### Eclairage Structuré (laser):



### Eclairage Infra-rouge:



## Acquisition Numérisation : Profilométrie laser



## Acquisition Numérisation : Capteur 3D : IVP camera Profilométrie Laser



## Acquisition Numérisation : Exemples d'éclairages

### Modèle 18

Dispositif d'éclairage Fluorescent Circulaire double Haute Fréquence (25 KHz)

- Eclairage uniforme, sans zone d'ombre
- Contrôle indépendant des 2 lampes
- Durée de vie 7,000 heures pour une illumination à 360°
- Haute fréquence, 25 KHz pour illumination sans scintillement
- Différentes longueurs d'ondes et couleurs de température disponibles



**Points :** Le Modèle Superlight18 est conçu et construit pour une large variété d'applications de vision et dans des domaines aussi variés que l'industrie des semi-conducteur, automobile, pharmaceutique, l'assemblage électronique, le médical. Ce modèle dispose d'un driver 25kHz déporté avec contrôle indépendant des 2 lampes fournissant une illumination intense sur 360° sans scintillement.

Le Modèle Superlight18 en aluminium est conçu pour résister à la plupart des environnements industriels. Chaque dispositif d'éclairage est fourni avec un adaptateur pour pratiquement n'importe quel microscope ou type de caméra.

Pour des applications où la largeur spectrale de la lampe 5100Ko standard ne rend pas les résultats souhaités, des lampes UV, bleues (450nm), vertes (544nm) ou rouges (648nm) sont disponibles pour répondre aux exigences spécifiques



Fente à Fibre Optique

- Fente à fibre optique
- Utilisation de la technologie wound strip
- Uniformité < +/-10%
- Lentille optionnelle pour focaliser la lumière
- Excellente solution pour caméra linéaire
- Types de fentes : VVLC 300-250-200-150-100-50
- Surface éclairée en mm : 300,250,200,150,100,50
- Largeur de fente en mm : 0.45,0.45,0.9,0.9,0.9,0.9
- Boîtier en aluminium noir anodisé
- Autres dimensions disponibles sur demande (exs : 800mm, 1000mm, 1500mm,...)



Adaptateur pour annulaire à fibre optique bright/dark field ( rasant )

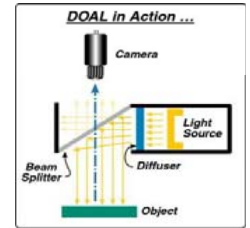
- Adaptateur pour annulaire à fibre optique pour créer un éclairage rasant
- Diamètre externe : 118mm
- Epaisseur sans annulaire : 51.5mm
- Diffuseur interne rotatif
- En option : iris, polariseur, support

Eclairage linéaire à LED très forte puissance - COBRA

StockerYale  
 Patented COBRA technology enables breakthrough in optical intensity  
 Current-regulation electronics integrated into COBRA unit  
 Intensity can be adjusted using 0 to 5 V analog voltage control  
 High level of uniformity due to chip-on-board LED fabrication 125 mm, 250 mm and 500 mm  
 Available in red, IR, blue, UV and white  
 Backlight and frontlight configurations

Eclairage coaxial à lampe micro fluorescente

- Eclairage coaxial à lampe micro fluorescente diffus et uniforme pour surface plane spéculaire
- 1 modèle disponible DOAL-50-FL : 50 x 50mm
- Champ de vision suggérée : 50mm
- Boîtier en aluminium noir anodisé
- Alimentation 12Vdc/2.3A
- Durée de vie 10 000 heures
- Fréquence 30kHz
- Dimensions DOAL-100-FL : 161.37x120.65x116.33mm pour 1003.8g



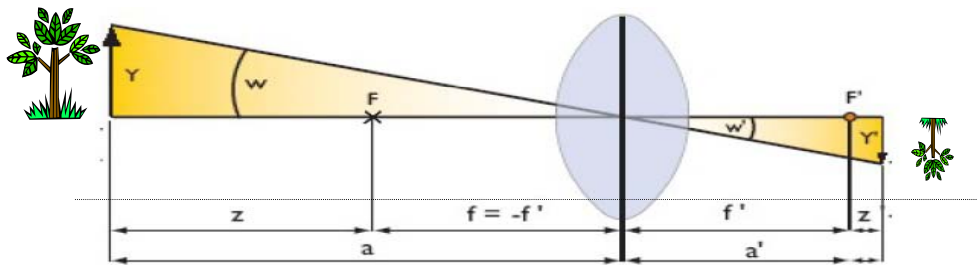
DOME LED  
 Eclairages Dome à LEDs

- Les domes fournissent de la lumière diffuse et uniforme.
- Idéal pour l'éclairage de surface bombées ou portant des ombres.
- Diamètre: 150mm
- couleurs disponibles: Rouge ou Blanc



SNF - Projecteur de lumière structurée

Lasiris  
 Distribution d'intensité uniforme avec générateurs de ligne  
 Puissance jusqu'à 150 mW  
 Grand choix de longueurs d'ondes, d'angles d'étalements et de patrons  
 ESD, protégé contre les phénomènes de sur-température, surtension et d'inversion de polarité  
 Mécanique industrielle, résistant aux chocs et vibrations



- f : focale
- a : distance objet
- a' : distance image
- Y : taille objet
- Y' : taille image
- 2w : angle de vue image

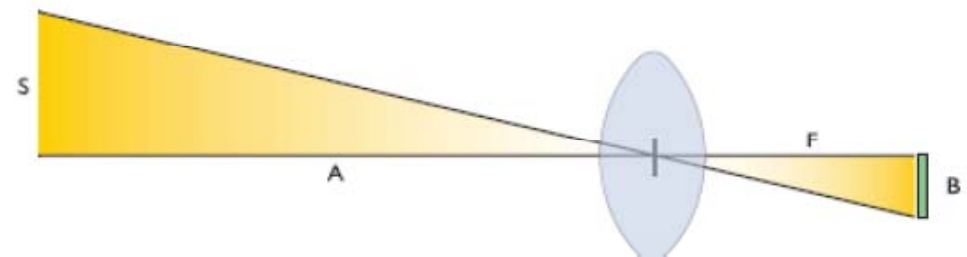
agrandissement :  $m = \frac{\text{grandeur de l'image}}{\text{grandeur de l'objet}} = \frac{Y'}{Y}$

Note: si a est grand alors  $f \approx a'$

Un arbre de 10 m à une distance de 100 m mesure combien sur la rétine?

Pour l'œil,  $a \approx 20\text{mm} (\approx f)$  alors  $m = a'/a = 20\text{mm}/100\text{m} = 2 \cdot 10^{-4}$   
 Grandeur de l'image =  $m \cdot \text{grandeur de l'objet} = 2 \cdot 10^{-4} \cdot 10\text{m} = 2\text{mm}$

➤ Calcul de la longueur focale et de l'angle de champ:



$S = (A \cdot B) / F$   
 $F = (A \cdot B) / S$   
 Angle de champ =  $2x \arctg(B/F) = 2x \arctg(S/A)$

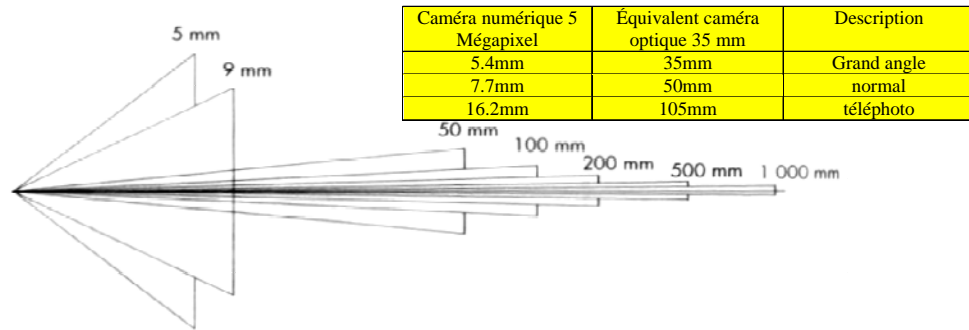
- A= distance objet-lentille
- S= objet
- B= hauteur du capteur
- F= distance focale



## Acquisition

Numérisation : La focale

- Focale courte → grand angle → plan large
- Focale longue → téléobjectif → plan serré



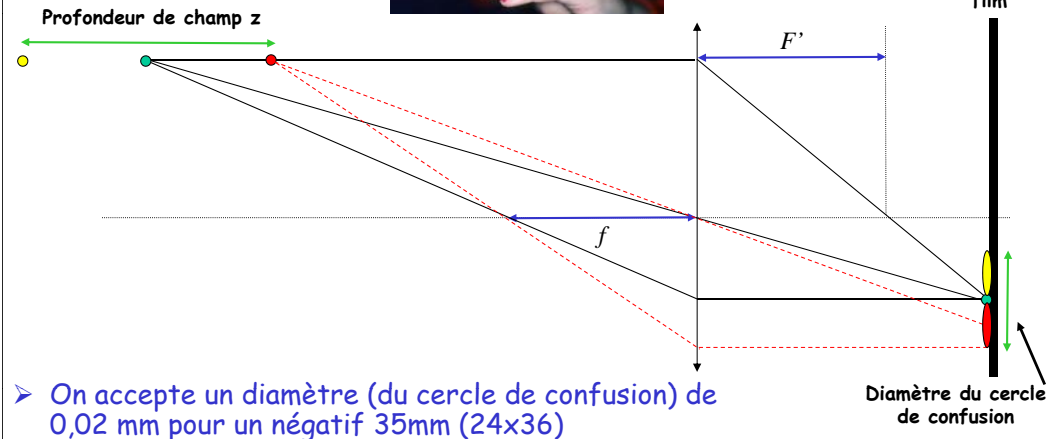
### ➤ Netteté : MOD (Minimal Object Distance)

- ↳ Possibilité d'utilisation de bague allonge
  - Perte luminance, distorsion,...



## Acquisition

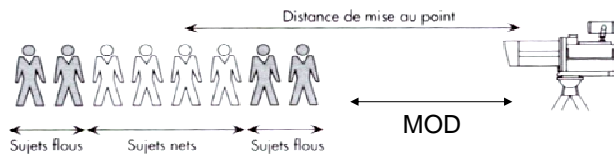
Numérisation : Profondeur de champ



## Acquisition

Numérisation : Profondeur de champ

- Dépend de la focale :  
Plus la focale est grande, plus la profondeur de champ diminue.  
Ex : téléobjectif

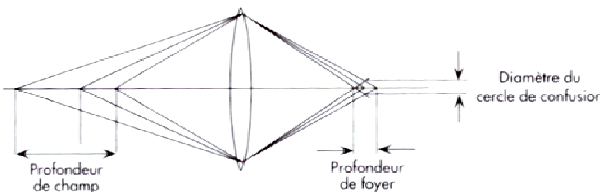


- Dépend du diaphragme :  
Plus l'ouverture du diaphragme diminue, plus la profondeur de champ augmente



- Dépend de la distance entre l'objectif et le sujet principal (distance de mise au point) :  
Plus le sujet est éloigné de l'objectif, plus la profondeur de champ est grande

- Dépend du format du capteur :  
Plus l'image est grande, moins on a de profondeur de champ → Qualité du film ou résolution du capteur CCD



## Acquisition

Numérisation : Exemples d'Objectifs

### JENmetar

#### Objectifs Télécentriques de précision pour Traitement d'Images

- Optiques idéalement adaptés pour :
  - Mesure par système de vision,
  - Inspection de surface,
  - Reconnaissance d'objets,
  - Analyse d'objets,
  - Détermination de la position.
  - Très grande précision
  - Haute fiabilité,
  - Matériel durci.
- JENmetar 1x/12 LD \*C.O : 8,8x6,6mm<sup>2</sup>\*D. : 153mm
- JENmetar 0,4x/12 LD C.O : 22x16,5mm<sup>2</sup> D. : 97mm
- JENmetar 0,2x/12 LD C.O : 44x33mm<sup>2</sup> D. : 95mm
- JENmetar 1: 1/0,05/18 A C.O : 8,8x6,6mm<sup>2</sup> D. : 83mm
- JENmetar 1: 2,5/0,05/12 A C.O : 22x16,5mm<sup>2</sup> D. : 84mm
- JENmetar 1: 6,6/0,067/9 LD C.O : 42X31,6mm<sup>2</sup> D. : 295mm
- JENmetar 1: 6,6/0,067/9 ALD C.O : 42X31,6mm<sup>2</sup> D. : 288mm
- JENmetar 0,3x/12 C.O : 66X49,5mm<sup>2</sup> D. : 102mm
- JENmetar 1: 10/0,05/12 C.O : 88x66mm<sup>2</sup> D. : 97mm
- \*C.O. : Champ de l'objet
- \*D. : Distance de travail



## Acquisition Numérisation : Choix d'Objectifs

➤ Taille du capteur (en pouces mais valeur réelle divisée par 2)

- Qualité de l'optique

$$\text{Résolution optique requise} = \frac{500}{\text{taille du capteur en mm}}$$

➤ Aberrations

- Lumineuse : Vignelage

- Géométrique

✓ Lentilles asphériques

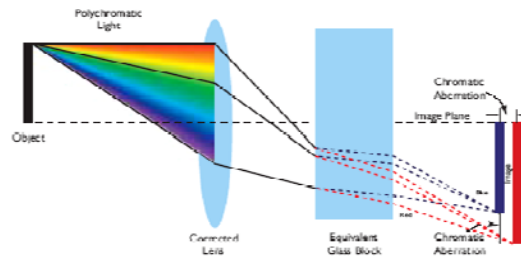
- Chromatique

➤ Focale Fixe / Variable

➤ Objectif Motorisé / Télécentré

➤ Ouverture

➤ Monture : F, C, CS, ...



## Acquisition Numérisation : Les filtres

➤ Conversion - Compensation :

↳ L'échelle mired simplifie les calculs de filtres de conversion : chacun d'entre eux à une valeur mired fixe : si vous mesurez en mired l'écart de  $T_c$  entre la source et la  $T_c$  désirée .

- Pour utiliser, en lumière du jour "moyenne" de 5500°K une caméra calibrée pour 3200°K, il faut placer sur l'objectif de la caméra un filtre de :

$$(1\ 000\ 000 / 5500) - (1\ 000\ 000 / 3200) = +131\ \text{mired} \text{ (filtre "saumon" W85B)}$$

➤ Sélection - Couleur :

↳ Sélectionne une certaine bande passante (nm)

- filtre orange-jaune pour le relief
- Filtre à 732 nm pour éclairage laser Hélium-Néon

➤ Polarisant :

↳ Sélectionne une certaine incidence

- Anti-reflets

➤ Lentilles particulières (frenel, ...)

➤ Les filtres réduisent la quantité de lumière parvenant au capteur

➤ Prise en compte des Facteurs d'Absorption ( $\alpha = F_a/F_i$ ), de réflexion ( $\rho = F_r/F_i$ ) et de transmission ( $\tau = F_t/F_i$ ) avec  $\alpha + \rho + \tau = 1$



## Acquisition Numérisation : Les Capteurs

*Phénomène physique*

*Grandeur mesurée*

*Capteur*

Émission et réflexion de la lumière visible

Réflectance, luminance,...

CCD, CMOS, Barettes CCD,...

Rayonnement infra-rouge

Luminance IR (chaleur), ...

Bolomètres, ...

Écho ultrasonore

Distance, densité de tissus,...

Échographie, sonar,...

Résonance magnétique

Présence d'un corps chimique,...

IRM, RMN,...

Écho électromagnétique

Distance, spécularité de surfaces,...

Radar, SAR,...

Absorption des rayons X

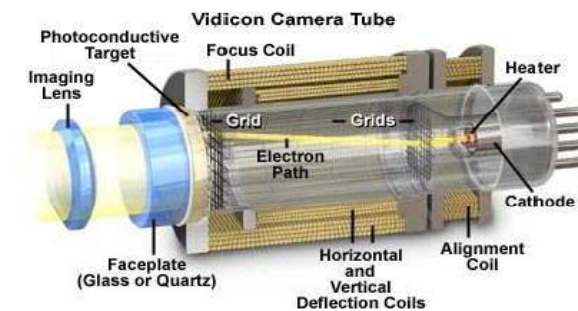
Densité de tissus,...

Radiographie, tomographie,...

## Acquisition Numérisation : Caméra à Tubes ...

Principe :

- L'image est focalisée sur une cible photoconductrice. La cible est balayée par un faisceau d'électrons, produisant un courant électrique proportionnel à l'intensité de la lumière en chaque point.
- signal video en sortie,
- inconvénients : persistance entre deux prises, résolution limitée, cible non plate.

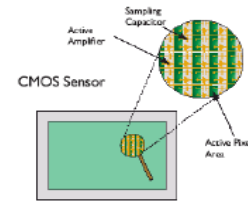


## Acquisition Numérisation : Caméras actuelles

➤ Les deux technologies sont sous forme d'une grille ou matrice de capteurs photosensibles convertissant la lumière en signal électrique

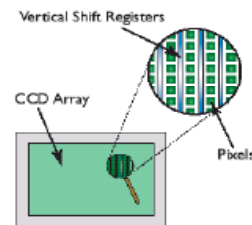
### ➤ CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor)

- ☞ Senseur de bonne qualité mais plus sujet au bruit
- ☞ Moins sensible à la lumière en partie interceptée par le réseau de transistors du CMOS
- ☞ Moins cher car utilise une procédure de construction plus classique comme pour manufacturer des microprocesseurs.
- ☞ Faible consommation d'énergie
- ☞ Pour la plupart des caméras et webcams bon marché

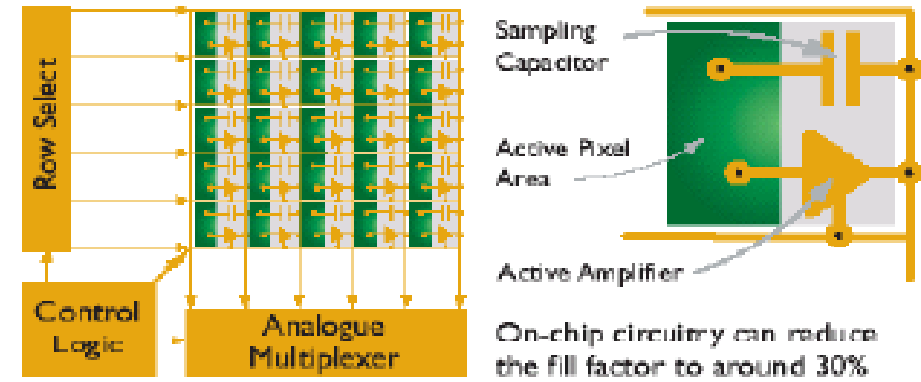


### ➤ CCD (Charge-Coupled Device)

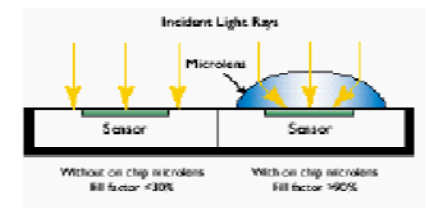
- ☞ Senseur de haute qualité: bruit faible, sensibilité à la lumière, haute résolution
- ☞ Plus cher car procédure de construction particulière
- ☞ Forte consommation d'énergie (~ 100 x CMOS)
- ☞ Pour les caméras de haute qualité



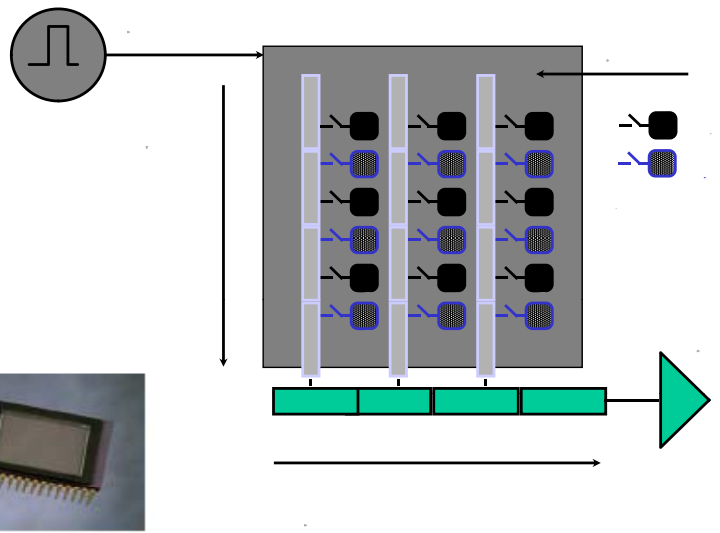
## Acquisition Numérisation : Capteur CMOS



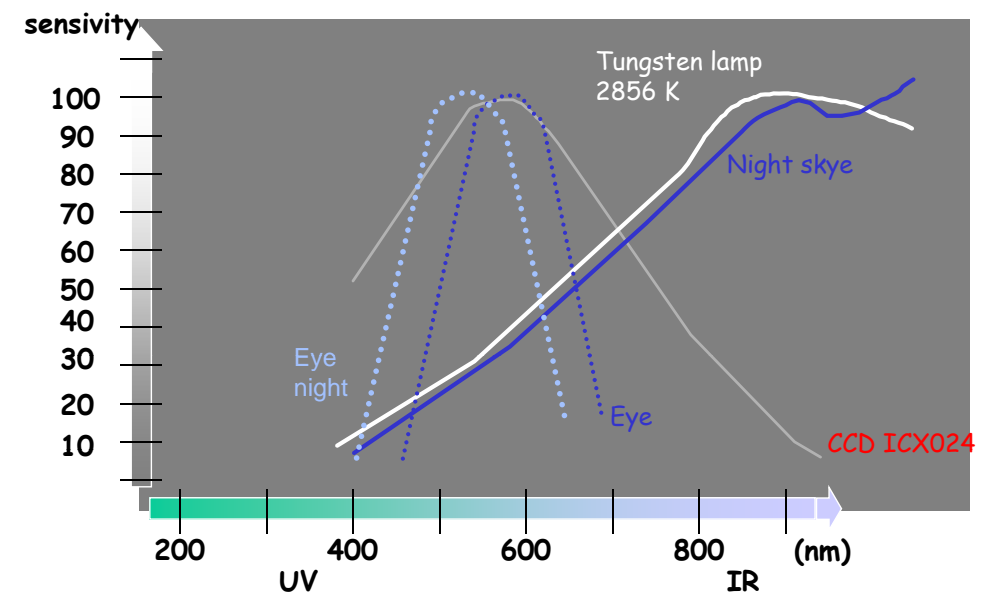
On-chip circuitry can reduce the fill factor to around 30%



## Acquisition Numérisation : Capteur CCD

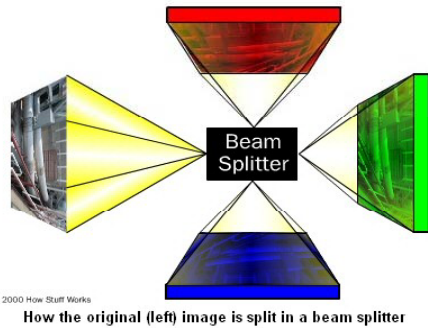


## Acquisition Numérisation : Sensibilité d'un CCD



## Acquisition Numérisation : Capteur CCD Couleur

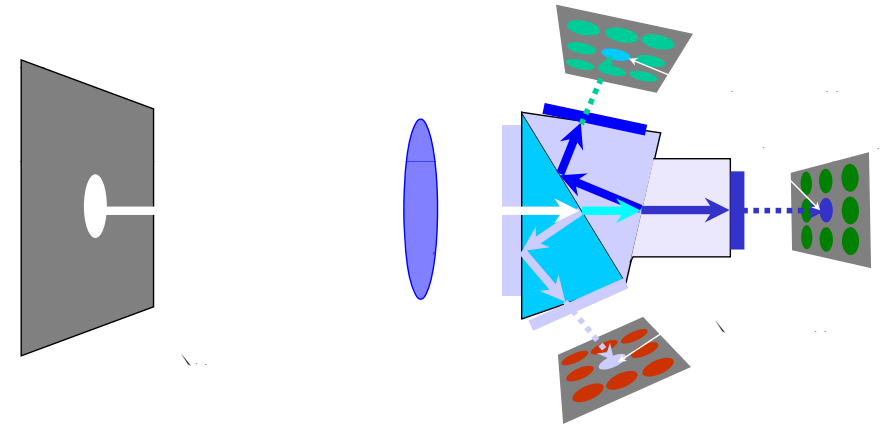
➤ Tri-CCD → 3 capteurs, la lumière entrant par l'objectif est séparée par un système optique (prisme)



➤ Mono-CCD → un filtre rotatif ("spinning disk filter") devant une grille CCD (caméra fixe)

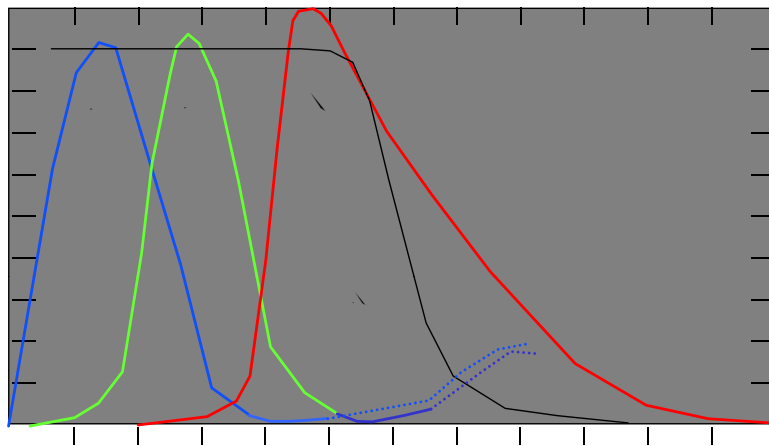


## Acquisition Numérisation : CCD couleur : Tri CCD

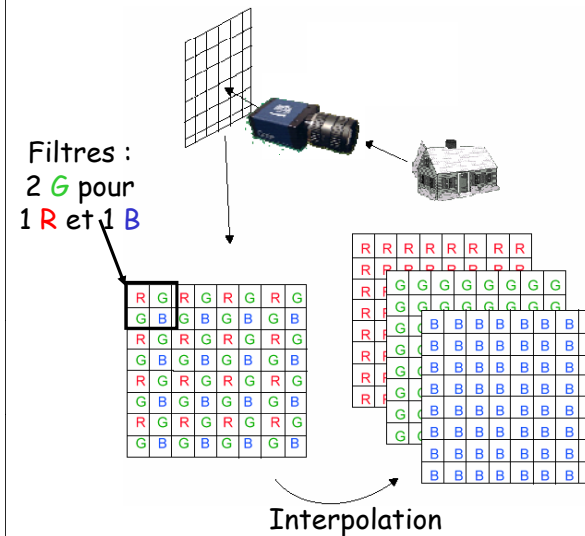


Tri-CCD → 3 capteurs, la lumière entrant par l'objectif est séparée par un système optique (prisme)

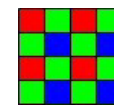
## Acquisition Numérisation : CCD couleur : TRI CCD



## Acquisition Numérisation : CCD couleur (Mono CCD)



Mono-CCD → un filtre rotatif ("spinning disk filter") devant une grille CCD (caméra fixe)

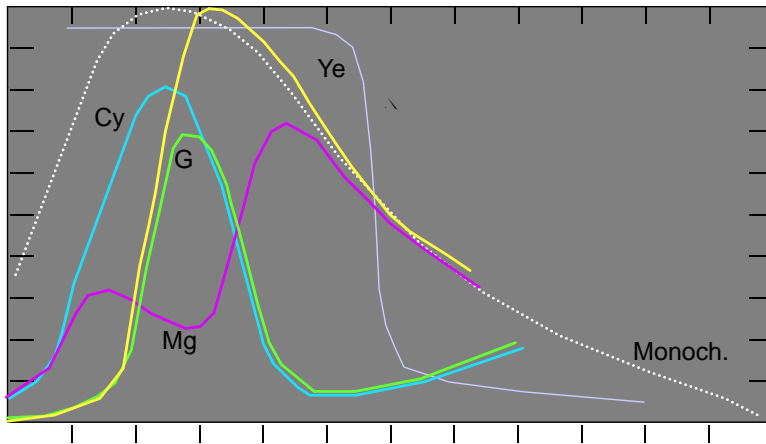


Mono-CCD → Chaque photorécepteur est recouvert d'un filtre coloré  
Interpolation de couleurs



## Acquisition

Numérisation : CCD couleur : Mono CCD

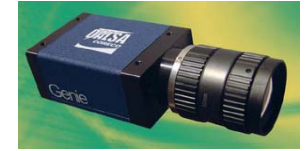
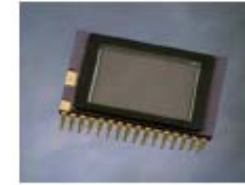


## Acquisition

Numérisation : Capteurs Caméras

### ➤ Caméras matricielles

- ↪ Analogique / Numérique
- ↪ Noir & Blanc / Couleur
- ↪ Résolution - fréquences
- ↪ Caméras mono-coup



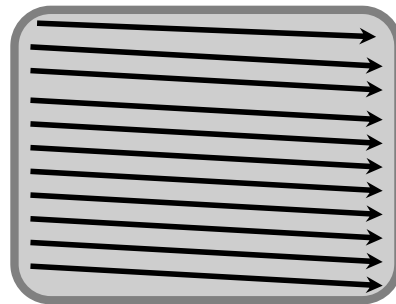
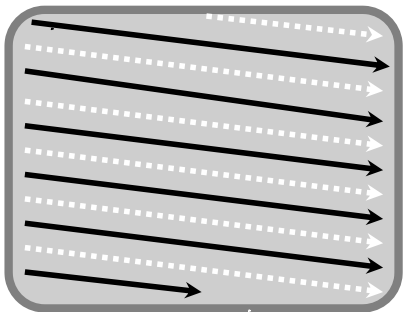
### ➤ Caméras linéaires (Noir & blanc ou Couleur)

- ↪ Adapté au produit en défilement
- ↪ Caméras mono-CCD / cameras tri-CCD
- ↪ Synchronisation de l'acquisition (cellule + codeur)



## Acquisition

Numérisation : Entrelacement/ Progressive Scan



- 625 lines per frame
- 25 frames per second
- Interlaced 2 : 1
- 1 frame = 2 fields, each with 312.5 lines
- Hor. line 52 usec video 12 usec blank
- 575 active lines per frame with video
- 50 lines with vertical blank and sync



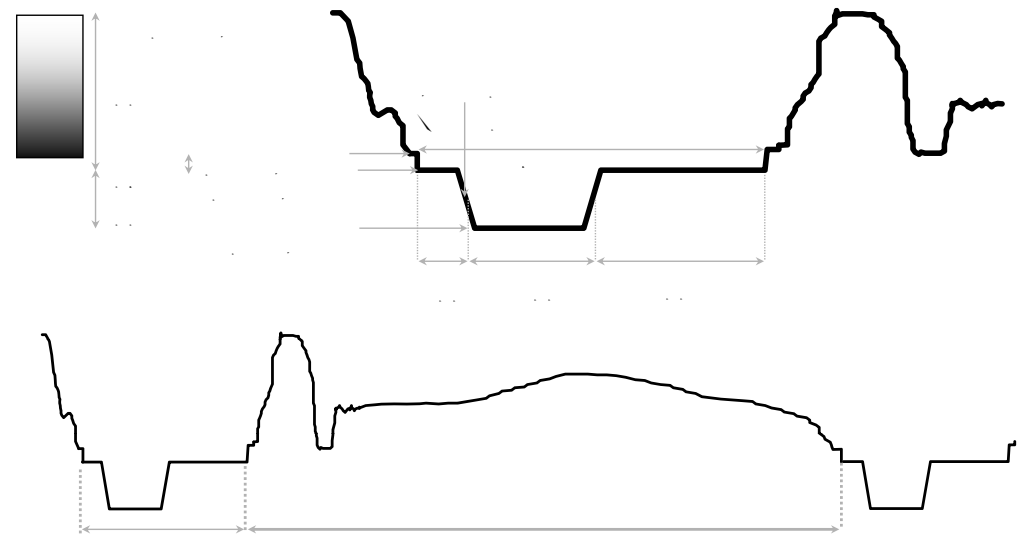
Mode Interlacé



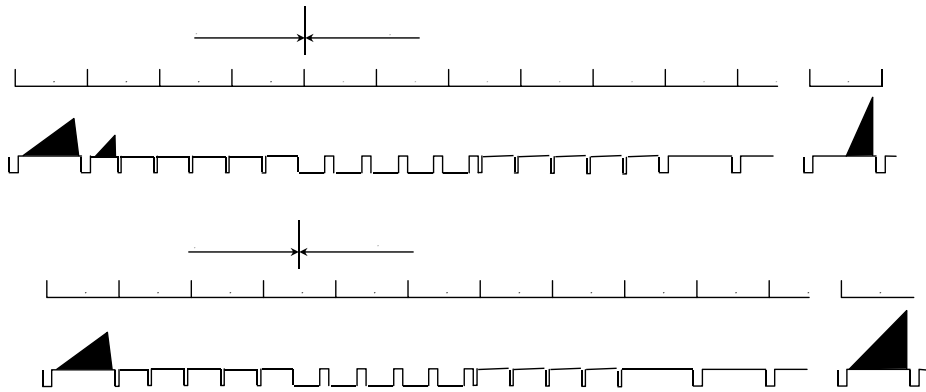
Mode Progressive Scan

## Acquisition

Numérisation : Synchro. horizontale - Ligne d'image TV



## Acquisition Numérisation : Synchronisation Verticale

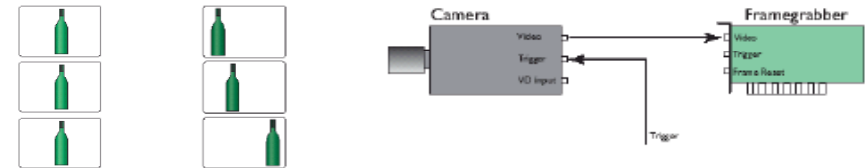


## Acquisition Numérisation : Caractéristiques

Temps d'exposition : Shutter



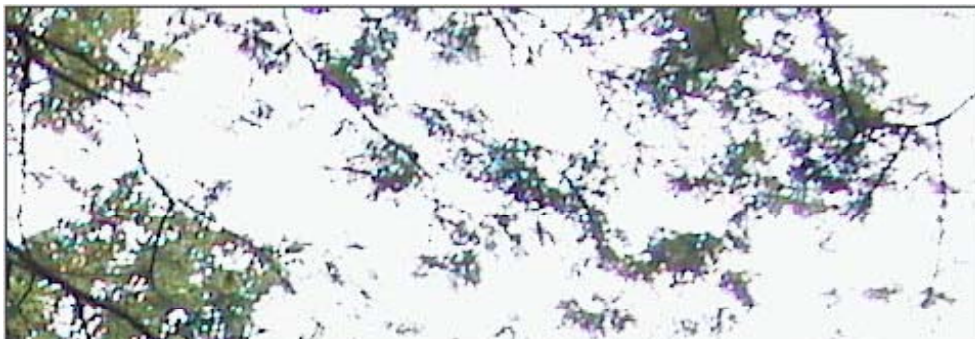
Mode de déclenchement : Monoshot / Acquisition libre



## Acquisition Numérisation : Blooming

➤ A **pixel** on a digital camera **sensor** collects photons which are converted into an electrical charge by its photodiode. As explained in the **dynamic range** topic, once the "bucket" is full, the charge caused by additional photons will overflow and have no effect on the pixel value, resulting in a clipped or overexposed pixel value. Blooming occurs when this charge flows over to surrounding pixels, brightening or overexposing them in the process.

➤ In the example below, the charge overflow of the overexposed pixels in the sky causes the dark pixels at the edges of the leaves and branches to be brightened and overexposed as well. As a result detail is lost. Blooming can also increase the visibility of **purple fringing**

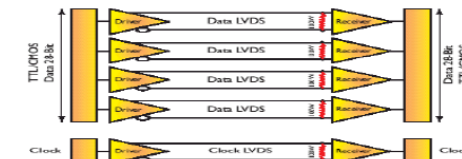


## Acquisition Numérisation : Interfaçage

➤ **USB : 12 - 60 Mbytes/s**



➤ **Caméra Link (NI) : 225 Mbytes/s**



➤ **IEEE 1394 FireWire (Apple) : 50 - 400 Mbytes/s**

IEEE - 1394 Cable Type/Speed/Length Chart

Cable Type	12Mbytes (100MB/s)	25Mbytes (200MB/s)	50Mbytes (400MB/s)	100Mbytes (800MB/s)	200Mbytes (1600MB/s)	400Mbytes (3200MB/s)
9 pin Shielded Twisted Pair - Coax Cable (Coaxial)	10m	10m	10m	10m	10m	10m
Plastic Optical Fibre (POF)	100m	100m	-	-	-	-
Hard Polymer Coated POF	100m	100m	100m	-	-	-
Glass Optical Fibre (GOF)	100m	100m	100m	100m	100m	100m



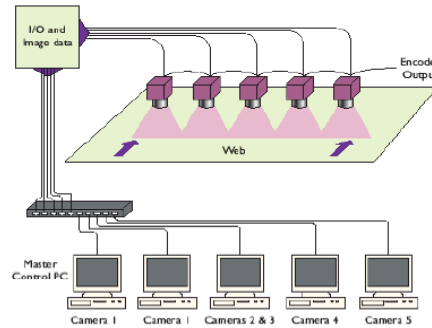
# Acquisition

## Numérisation : Interfaçage

➤ Analogique : 20 MBytes/s (Déterministe : Pixel Clock)



➤ Gigabit Ethernet : 80 Mbytes/s



# Acquisition

## Numérisation : Ex Caméra matricielle CCD couleur

**IAI**  
**CV-M77**  
Progressive Scan RGB Color CCD Camera

- New compact size 1/3" progressive scan RGB primary color CCD camera
- 640 H x 480 V (V) 6.45 µm square pixels (MSA format)
- 25 full frames RGB video output per second
- Improved resolution, sensitivity and dynamic range compared with CV-M76
- RGB primary colors (Red, Green and Blue) for excellent color reproduction
- Internal, external HD/VD or random trigger synchronization
- Edge pre-select and pulse width control trigger modes
- Frame delay modes from 1/60 to 1/10,000 second in 10 steps
- Programmable shutter speed from 1/3 to 1/250 H
- Long time exposure with external VD pulse interval
- Frame delay modes for edge pre-select and pulse width controlled shutter
- Exposure enable (EN), write enable (WE) and pixel clock output
- Short ASCII commands for fast mode setup via serial port
- Setup by Windows 98/NT/2000 software via RS 232C

Specifications for CV-M77

Specifications	CV-M77	Connection Description	Spectral Sensitivity
Scanning system	Progressive scan (640 H x 480 V)	DC/VIDEO	
Pixel size	6.45 µm (MSA)	VIDEO	
Line frequency	50/60 Hz (50/60 Hz)	VIDEO	
Frame rate	25/30 frames/sec (1/25, 1/30)	VIDEO	
Line resolution	640 pixels	VIDEO	
Frame resolution	480 pixels	VIDEO	
Shutter speed	1/3 to 1/250 H	VIDEO	
Shutter speed control	External VD pulse	VIDEO	
Exposure enable	EN (push button)	VIDEO	
Write enable	WE (push button)	VIDEO	
Pixel clock	Pixel clock output	VIDEO	
Trigger modes	Internal, external HD/VD or random trigger	VIDEO	
Edge pre-select	Edge pre-select	VIDEO	
Frame delay modes	Frame delay modes	VIDEO	
Control interface	RS 232C	VIDEO	
Power supply	5V DC	VIDEO	
Dimensions	29 x 44 x 67 mm	VIDEO	
Weight	100 g	VIDEO	

**Switch Setting**

SW1	SW2	SW3	SW4	SW5	SW6	SW7	SW8	SW9	SW10
ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF

**Connecting Information**

CV-M77 1/3" Progressive Scan RGB Color CCD Camera

# Acquisition

## Numérisation : Caméras Matricielles Analogiques

### CV-M30

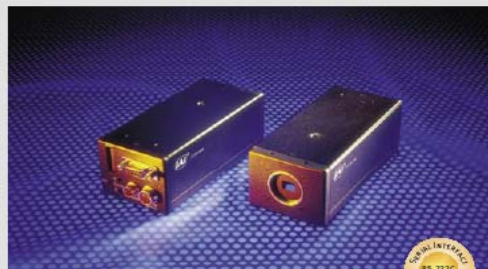
#### Monochrome Double Speed Camera



- 1/2" monochrome CCD camera
- 768 (H) x 484 (V) pixels in interlaced mode
- Normal or double speed scanning, 15.7 or 31.5 kHz
- Interlaced or non-interlaced in both scanning modes
- 30 or 60 interlaced frames per second
- 60 or 120 fields per second in non-interlaced mode
- Partial scanning 1/2 or 1/3 for rates up to 240 or 360 fields per second
- Internal, external HD/VD or random trigger synchronization
- Shutter speeds from 1/60 to 1/10,000 second
- Shutter speeds from 1/120 to 1/20,000 second in double speed
- Edge pre-select and pulse width external trigger modes
- Exposure enable (EN) and write enable (WE) output
- Easy setup by switches
- Compact housing with C-mount

### CV-M91

#### 3CCD RGB Color Camera



- 3 x 1/3" CCD RGB color camera for vision applications
- PAL: 768 (H) x 584 (V) pixels, NTSC: 768 (H) x 494 (V) pixels
- Compact RGB prism for C-mount lenses
- 570 TV lines horizontal resolution, S/N ratio 34 dB
- RGB output, PAL/NTSC, V/C and composite video output
- Composite sync input and output
- Internal, external HD/VD or random trigger synchronization
- Edge pre-select (EPS), pulse width control (PWC) and start/stop trigger modes
- CCD iris and AGC for automatic light regulation
- Manual or One Push while balance
- Interlaced or non-interlaced scanning, field or frame accumulation
- Long time exposure modes
- EN, WE and pixel clock output for easy interfacing
- Rugged and compact construction
- Setup by Windows 98/NT/2000 software via RS 232C

# Acquisition

## Numérisation : Caméras Matricielles Numériques

### Genie M640

Caméra Ethernet à 60i/s en 640\*480 avec capteur CCD

- La Genie-M640 possède un capteur CCD monochrome de résolution 640 x 480 pixels. Les 60 images par seconde en VGA de la Genie-M640 lui permet de tirer pleinement parti de la technologie Gigabit Ethernet, en transmettant les données sur des câbles CAT-5e et CAT-6 pour une distance pouvant atteindre 100 m. Comme toutes les caméras Genie, la M640 est basée sur le GigE Vision Standard attendu de l'IAI (Automated Imaging Association) pour relier directement la caméra au PC.
- Capteur 1/2", VGA 640\*480 pixels
- 60 images/seconde en pleine résolution
- 10 bits de sortie
- Montage C
- Trigger-to-Image Reliability : identification des erreurs, sécurisation du processus d'acquisition des images, etc...
- LUT
- Mode binning
- Image flip
- Correction Shading
- Ethernet 10/100/1000 Mbps
- Utilise les ports et le matériel PC standard
- Trigger externe disponibles
- Entrées et Sorties
- Dimensions : 29 x 44 x 67 mm
- Alimentation : 12V



The TM-6740CL is a compact, VGA format monochrome progressive scan CCD camera with dual tap output. The imager resolution is 640 x 480 pixels with a frame rate of 200 frames per second. Applications for the TM-6740CL include web inspection, packaging, machine vision, medical imaging, intelligent transportation systems, high-definition graphics, gauging, character recognition, robotics, and surveillance.

- Very high-speed 1/3" progressive scan 640(H) x 480(V) interline transfer, 7.4 µm square pixel CCD imager
- Miniature 50.8 x 50.8 x 85.1 mm housing
- Digital Camera Link dual tap output (8-bit/10-bit) and analog output\*
- 200 frames per second in full frame, partial scan and binning modes up to 3205 frames per second
- Maximum dynamic range control with PULNIX-exclusive, patent-pending built-in look-up table (8-bit only)
- Full-frame shutter to 1/64,000 sec.
- Asynchronous reset, no-delay shutter
- Read out inhibit control for multiple camera applications
- Camera Link external control
- Automatic dual channel compensation
- Built-in pattern generator
- Color version (RGB Bayer CFA) available as TMC 6740CL\*





## Acquisition Numérisation : Caméra Matricielle Numérique

### AVT MARLIN F-201C

caméra IEEE1394 couleur en 1600x1200

- 1/1.8" pouce Sony Progressive Scan CCD couleur
- 1628 (h) x 1236 (v)
- 15 images/seconde full frame
- Pixels carrés
- Full Frame Shutter
- Shading correction temps réel
- Look up tables entièrement programmables
- Conversion couleur temps réel
- FPGA embarqué
- Mémoire d'usage embarquée
- Mémoire FIFO embarquée
- Convertisseur A/D 12 bits / Sortie 8-10 bits
- Entrées et Sorties programmable ( 2 entrées et 2 sortie)
- Format 7 supporté
- Dimensions 58 mm x 44 mm x 29 mm (L x W x H)
- Monture C



VCM30/VCM40/VCM50  
World's smallest intelligent cameras

#### Specifications

	VCM30	VCM40	VCM50
Sensor: 640x480	1/3"CMOS		1/4" CCD
Shutter:	0.5 µsec - 4 sec in 0.5 µsec steps		>= 20µSEC
Integration:	electronic rolling snap		progressive scan
Acquisition:	asynchronous, program-controlled, or triggered externally, full-frame or partial scan possible, BW or color		Fullframe, full resolution, 2x binning or 4x binning, mode change on the fly
A/D conversion:	6.25 MHz, 8/10 bit		18.75MHz
Processor:	375 MIPS, 7.5 MHz Analog Devices ADSP2185		
Image/data memory:	None	8 Mbyte	
Display memory:	none		
Flash memory:	512 Kbytes flash EPROM (nonvolatile memory) for programs and data, programmable in the system		
Process interface:	2 inputs / 4 outputs @ 24V, outputs 1 x 400mA with LED monitoring		
Serial interface:	10mA current loop, RS232 available by converter, 115200 baud max.		
Video output:	by serial JPEG transfer		
Supply voltage:	24V +/-10% DC, max. 50 mA		
Electrical connections:	12-pin VCM sensor connector		
Dimensions:	100mm long, 30mm diameter, threaded		
Lens connection:	12mm diameter, lens included		
Housing:	IP67		
Illumination:	Program controllable LED ring strobe included		
Weight:	approx. 100g		



Jeudi 10 Septembre 2015

Vincent Bombardier

77

## Acquisition Numérisation : Exemple Caméra Linéaire

### AVIIVA™ M2 LINESCAN CAMERA



#### Key Features

- Sensor range: 512 to 4096 pixels
- 10 to 16 µm
- Interface: Camera Link or LVDS
- Mounting: Compact, versatile and scalable design
- Excellent Signal/Noise Ratio
- Data rate: up to 80MHz (scalable)
- Dynamic range: up to 12 bits (scalable)
- Other programmable settings:
  - \* synchronization mode
  - \* clock selection

#### Typical applications

- Web inspection (printing faults, paper...)
- Pick & place device sorting (food, pharma, container...)
- Surface inspection (automotive, PCB, CD...)
- OCR and bar codes reading (document sorting, postal sorting...)
- 3D metrology



Jeudi 10 Septembre 2015

Vincent Bombardier

78

## Acquisition Numérisation : The Baumer Optronic LSC-Laser Scanner

- 4 simultaneous channels
  - ↳ 10 Bit Greyscale (Red: 680nm)
  - ↳ 10 Bild Greyscale (Infrared: 830nm)
  - ↳ 8 Bit 3D Triangulation Channel (0.2mm)
  - ↳ Scatter-channel: micro timber structure analysis
- Width of view 300mm
- Resolution 1700 Pixels
- Line frequency 2 kHz
- Exact telecentric optic
- Set-up
  - ↳ 1 side or 2-sides versions
  - ↳ Compact sensor (300 x 400 x 150 mm<sup>3</sup>)
  - ↳ Optical Link PCI-Interface
  - ↳ Driver for windows NT

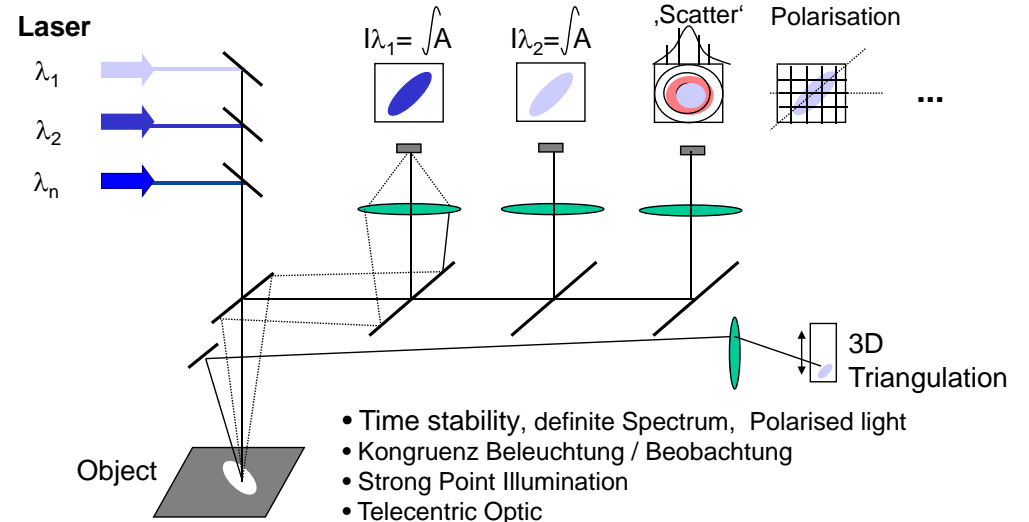


Jeudi 10 Septembre 2015

Vincent Bombardier

79

## Acquisition Numérisation : multi-sensors Laserscanner



Jeudi 10 Septembre 2015

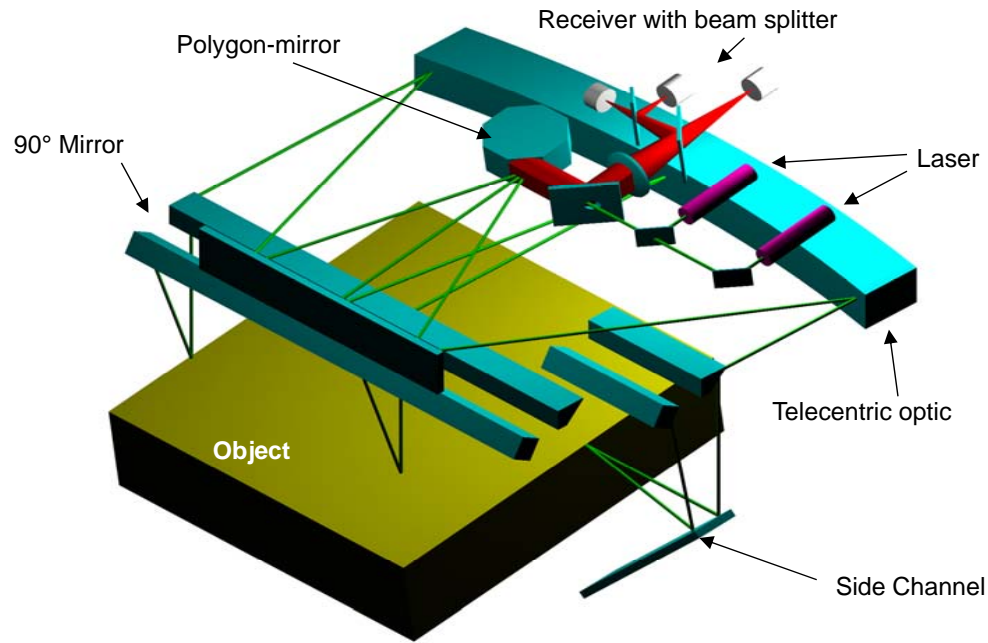
Vincent Bombardier

80



## Acquisition

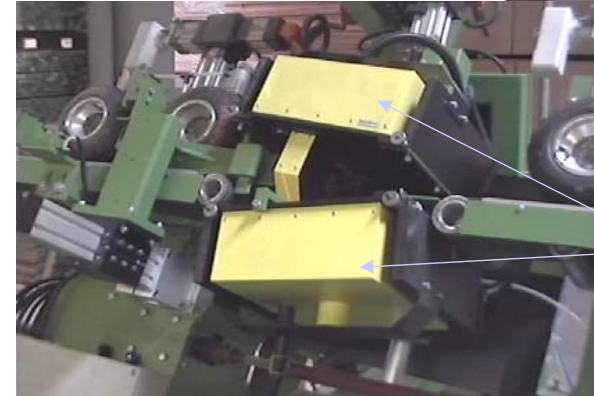
Numérisation : **Optical mounting**



## Acquisition

Numérisation : **Intégration du capteur**

Transport mechanic with Laser scanner support



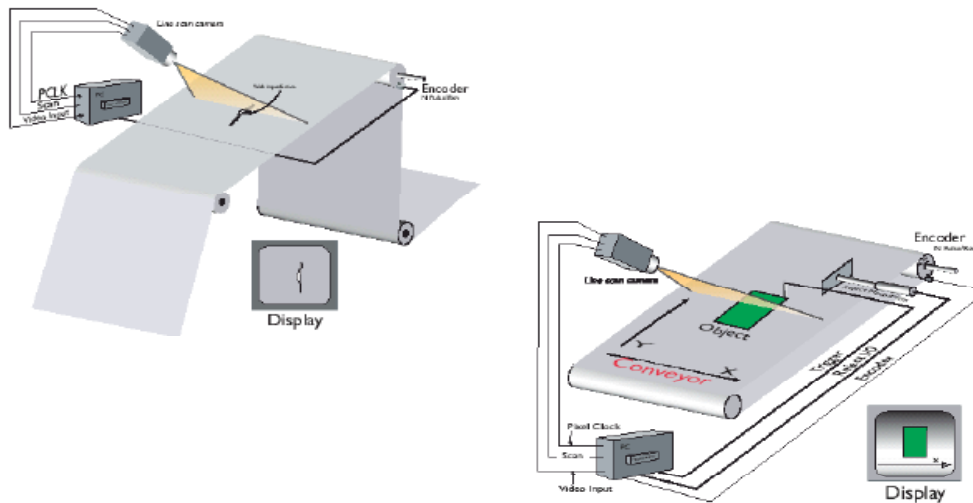
4-Sides inspection  
(2 Laser scanner)



## Acquisition

Numérisation : **Prototype d'acquisition linéaire**

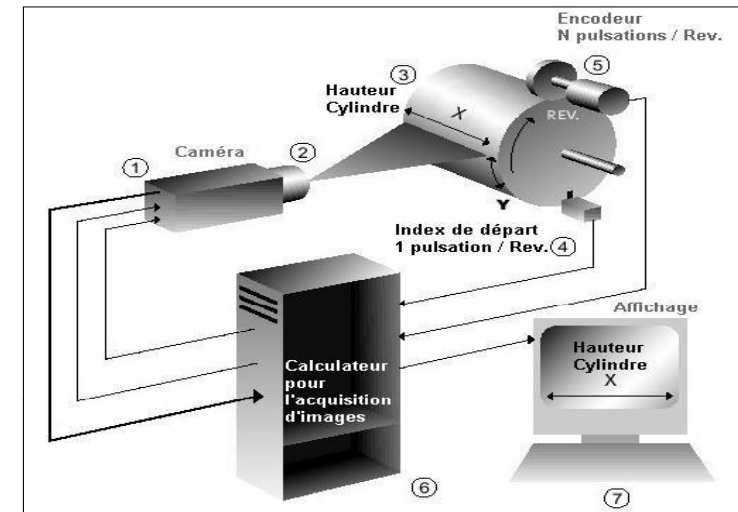
Objet en translation :



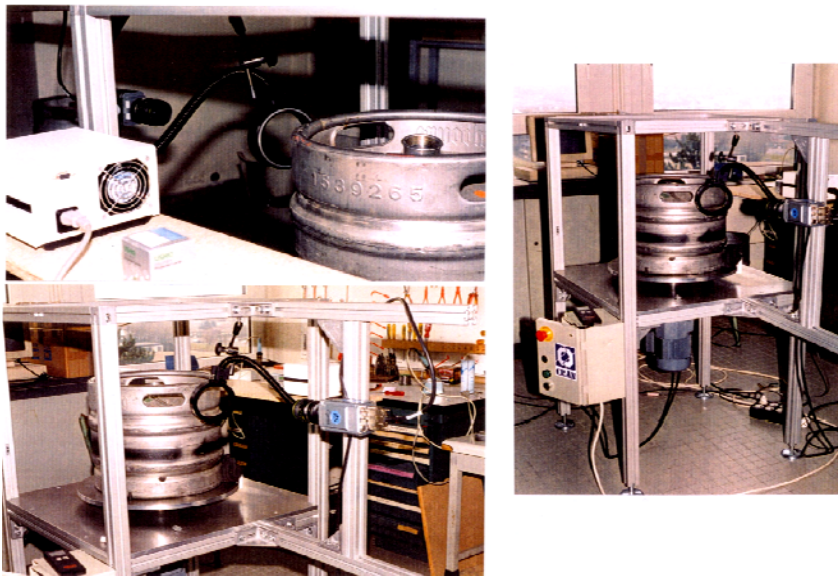
## Acquisition

Numérisation : **Prototype d'acquisition linéaire**

Objet en rotation :



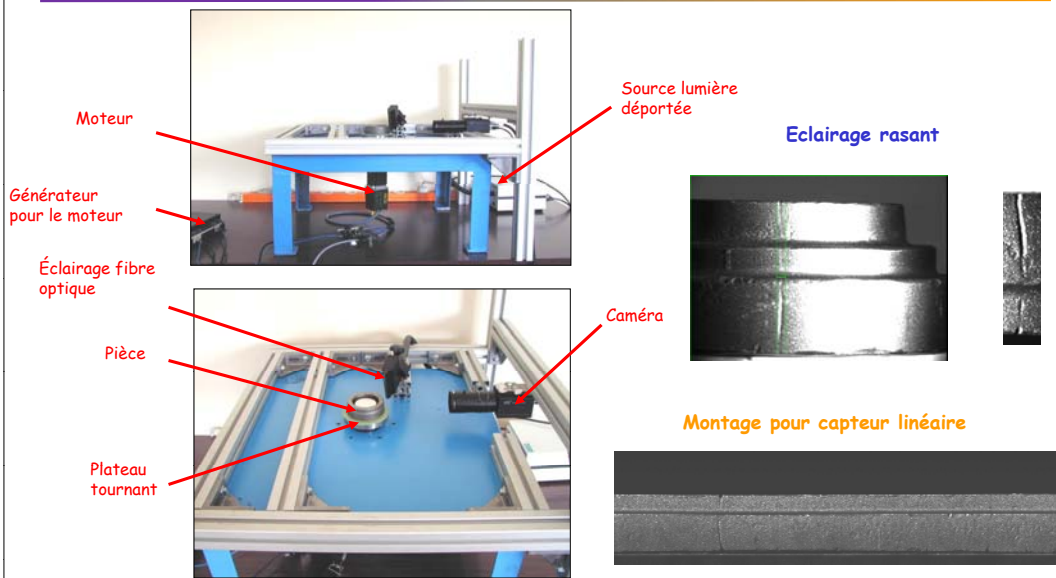
# Acquisition Numérisation : Exemple de montage d'observation



# Acquisition Numérisation : Exemples d'images linéaires



# Acquisition Numérisation : Exemple de montage d'observation



# Acquisition Numérisation : Exemples de cartes d'acquisition

### PC2-Vision

**KEY BENEFITS**

- Trigger to Image Reliability**
  - Available in flexible configurations: captures secure image capture
- Variable camera input capability**
  - Acquisition from up to 8 monochrome cameras, 2 HD cameras, or 2 standard analog cameras
  - Supports frame delay mode between 10 up to 8 camera frame inputs
- Flexible Camera Interface**
  - Each camera has its own internal driver, horizontal sync, and camera input for maximum flexibility
- High Performance Acquisition**
  - Supports up to 1000 FPS
  - Supports external or custom synchronization

**Overview**

**New! 32-Bit PCI Frame Grabber for Machine Vision**

The PC2-Vision is a high performance, PCI image capture board developed for cost sensitive machine vision applications. The board's acquisition circuitry is exceptionally versatile and resistant to artifacts with standard (USA 10 and 12.5), non-standard progressive areas, 4:3:3 and dual channel image streams. The PC2-Vision supports camera triggering by offering fully programmable timing coupled with efficient cooling and a variety of trigger, strobe and synchronization signal options. It features an open and high digital resolution making it an ideal solution for a large variety of industrial inspection, identification and gauging applications. The board's outstanding feature is trigger-to-image reliability, which provides the highest degree of assurance in image acquisition control.

### Anaconda™

**KEY FEATURES**

- PCI slot packaging board
- High speed for versatile real-time applications (e.g. cameras)
- On-board memory and features facilitate high-speed real-time processing
- High Speed RISC processor with MMIO architecture
- Image data can be sent from main or secondary camera (e.g. cameras)
- Trigger to Image Reliability provides secure image capture

**Overview**

**High speed real-time Vision processing**

Camera triggering, persistence of the registered image processing technology allowing dynamic adjustments in image capture real-time processing speed with all the same time providing uncorrupted board level application control. A powerful PCI-X image processing board, the Anaconda is specifically designed for real-time image acquisition, processing and analysis. It combines a high speed image acquisition capability with a user programmable FPGA (Field Programmable Gate Array) and PowerPC™ CPU to deliver real-time image processing for a wide range of problems. The Anaconda series allows users to combine their proprietary processing algorithms with ready-to-use data control and event management features to deliver high performance real-time image processing. The Anaconda series is ideally suited for industrial vision applications where large amounts of image processing is required in order to detect or diagnose a way, morphology, flatness inspection, and secondary for water inspection.