

# Techniques d'acquisition En Vision Industrielle

- **Introduction à la Vision industrielle 2D**
- **Généralités L'image numérique**
- **Dimensionner un système de contrôle**

## **Intégrer un système de vision ?**

### **Liste des questions prioritaires:**

- Quelle est la nature des mesures et contrôles?
- Combien de pièces à contrôler par seconde?
- Quelle est la vitesse de défilement des pièces?
- Quel est le niveau de précision souhaité?
- Quel est le nombre de vue à contrôler?
- Utilisation de la couleur?
- Quelle(s) action(s) sur la pièce en fonction de l'inspection?

- 

## Dimensionner le système de contrôle ?

**Décomposé en quatre sous ensembles +/- distincts:**

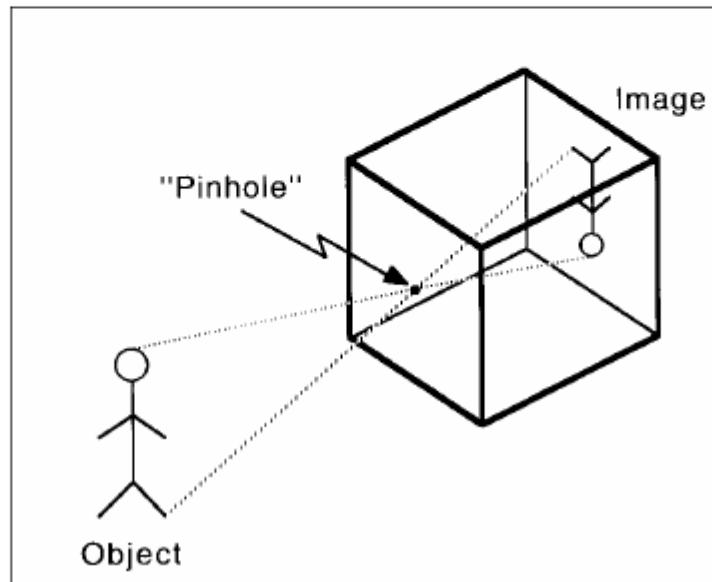
- Caméras (acquisition d'images et +...).
- Objectifs.
- Eclairages.
- Architecture matérielle et logicielle.

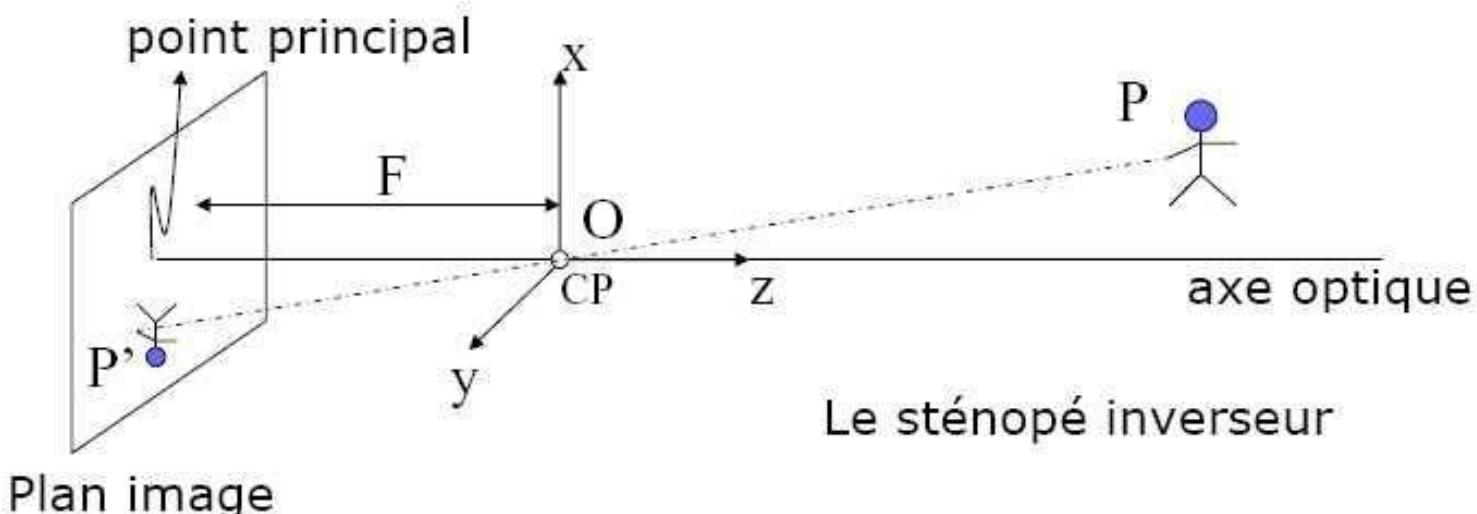
- Généralités

---

# Projection perspective

- ➊ Le modèle du sténopé (pinhole)
  - Brunelleschi (début 15ième siècle)





- un seul rayon atteint chacun des points du plan image (profondeur de champ infinie)
- l'ouverture ne peut être infiniment petite

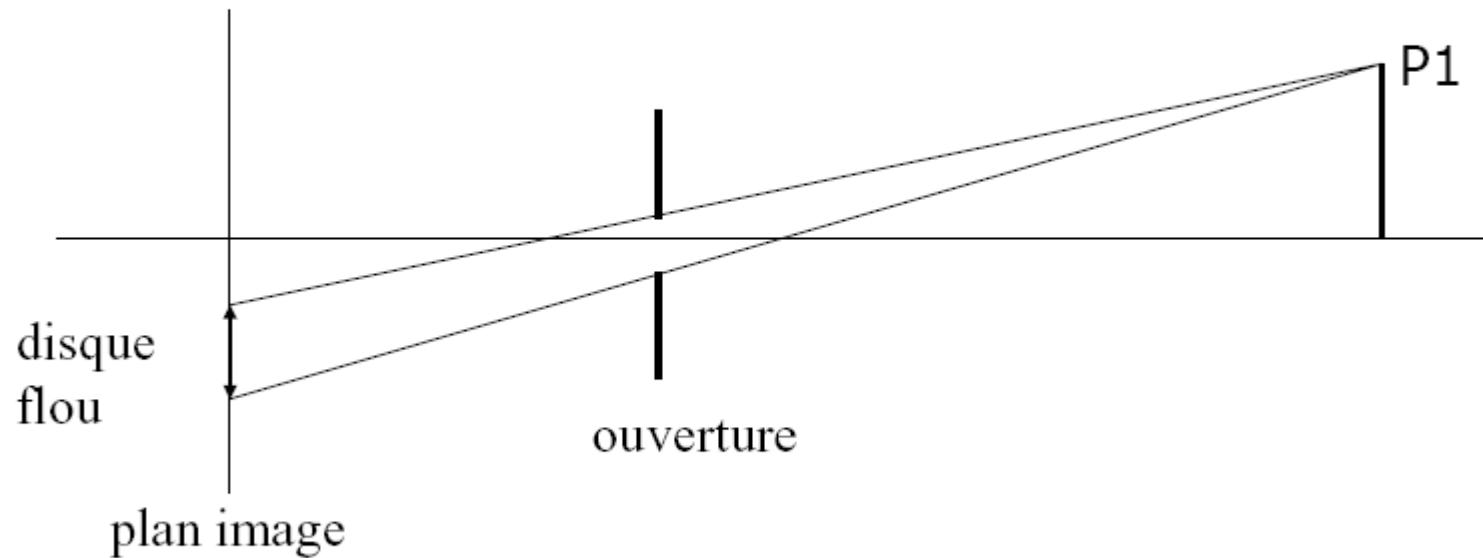
## La caméra avec lentille

### ● Inconvénients du sténopé (3)

1. Petite ouverture -> peu de lumière
2. Effet de diffraction, i.e. courbure des rayons à cause des rebords d'objets opaques. La diffraction crée un flou. L'effet augmente si le diamètre de l'ouverture diminue.
3. Si on augmente la taille de l'ouverture, la profondeur de champ diminue.

---

## Flou créé par l'augmentation de l'ouverture



---

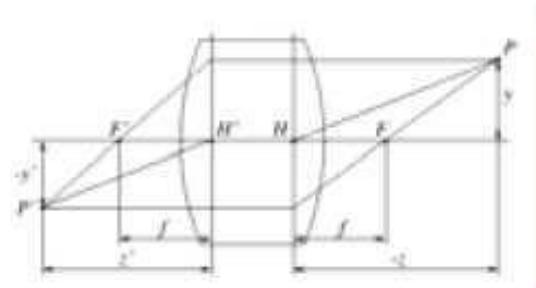
## Solution: utiliser une lentille

- avantage: modèle équivalent au sténopé
- inconvénient: seuls des points à une distance donnée de la lentille sont au focus -> profondeur de champ limitée

profondeur de champ: distance en z telle que le disque flou a un diamètre inférieur à 1 pixel (dépend de la taille de l'ouverture)

# Lentilles réelles:terminologie

- *lentilles épaisses*



- *aberrations*: caractéristiques d'une lentille qui l'empêche de former l'image d'un point objet en un seul point du plan image. Un point a plutôt comme image une petite région floue.
- *aberrations sphériques*: s'appliquent aux points qui devraient être imaginés sur l'axe optique (netteté - , dépend de l'ouverture).
  - le "coma" est le type d'aberration pour les points hors axe
- *distorsion radiale*: souvent importante pour les grands angles
  - indépendant de l'ouverture, n'affecte pas la netteté
- *aberration chromatique*: liée à la dépendance de l'indice de réfraction à la longueur d'onde



**For FA/Machine Vision**  
**Fixed Focal**

# CF12.5HA-1

1	2/3	1/2	1/3	1/4
---	-----	-----	-----	-----



- High-resolution design, providing support for up to 1.5 megapixel camera resolution.
- Rear focusing system provides improved performance in macro photography.
- Wide-aperture (F1.4) design achieves clear images under low light intensity.
- Low-distortion design achieving accurate image input.
- Robust enclosure resistant to vibrations and shocks. Equipped with locking knobs for the iris and the focus.

FIXED

Fixed Focal

1.5 Mega

For Megapixel Camera

MANUAL

Manual Iris

C-mt

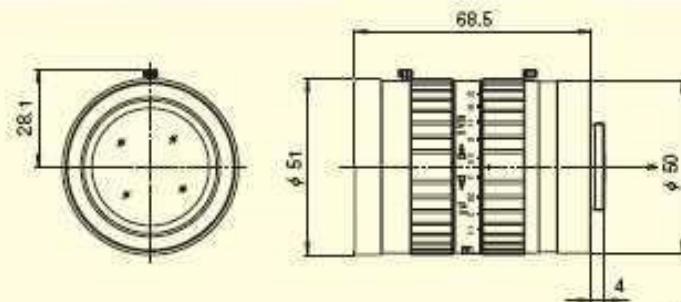
C Mount

METAL

Metal Mount

F1.4

Wide Aperture Rate



Unit : mm

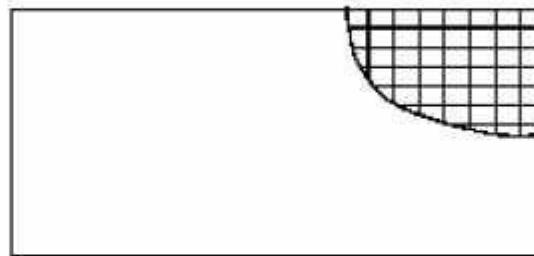
Focal Length (mm)	12.5	Remarks • With Metal Mount • With Locking Knob for Iris and Focus
Iris Range	F1.4 ~ F22	
Operation	Focus Manual Iris Manual	
Angle Of View (H×V)	1"	54°13' × 42°01'
	2/3"	38°47' × 29°35'
	1/2"	28°43' × 21°44'
Focusing Range (From Front Of The Lens) (m)	∞ ~ 0.1	
Object Dimensions at M.O.D. (H×V) (mm)	1"	120 × 90
	2/3"	83 × 62
	1/2"	60 × 45
Back Focal Distance (in air) (mm)	16.07	
Exit Pupil Position (From Image Plane) (mm)	-101	
Filter Thread (mm)	M49 × 0.75	
Mount	C	
Mass (g)	290	

- L'image numérique

## Caméra : Matrice et barrette CCD



Modèle Matriciel



Matrice CCD

Composé de  $n \times m$   
éléments pixels

Modèle linéaire



Barrette CCD

Composé de  $p$   
éléments pixels



---

## Les caméras linéaires

Les caméras linéaires sont généralement employées pour capter très précisément une seule ligne d'image. Elles sont de préférence choisies pour mesurer un niveau ou une côte bien particulière. Elles peuvent servir :

- Dans des processus en continu comme la mesure du papier, du carton, des plaques de fer, des panneaux de laine de verre en défilement,
- Pour contrôler des produits convoyés en vrac tels que de la poudre des graines des légumes des fruits,

Pour inspecter des parois de produit cylindrique tel que des tuyaux, des boîtes de conserve, des bouteilles.

Dans la surveillance pour éviter l'accès dans des zones dangereuses,  
Etc.



---

### Les caméras matricielles

Les caméras matricielles captent l'image d'une scène tridimensionnelle sans avoir recours comme avec les caméras linéaires à un mécanisme de défilement de la scène. Elles peuvent se classer en deux catégories:

- les caméras matricielles monochromes,
- les caméras matricielles couleurs.

## Choix d'une caméra

### *Pour les caméras linéaires*

Elle peuvent effectuer des acquisition d'images à des cadence très élevées et ceci avec une précision beaucoup plus grande que les autres types de caméra ce qui les imposent dans le monde industriel dans les process de contrôle.

Leur simplicité (aussi bien électronique que pour la quantité d'information à traiter) permettent des coûts moindres.

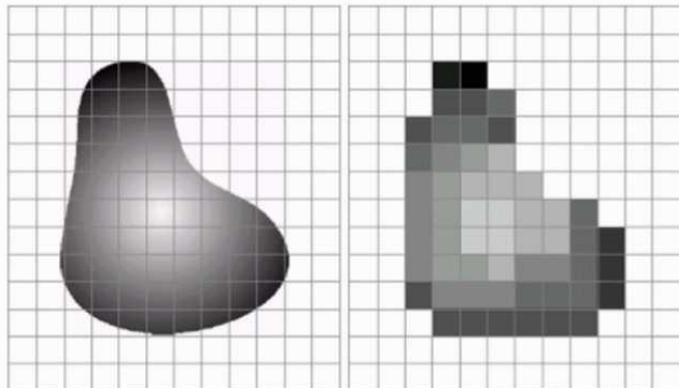
Par contre il faut impérativement que la scène soit en défilement pour obtenir une image 2D du produit à contrôler.

## Choix d'une caméra

### ***Pour les caméras matricielles***

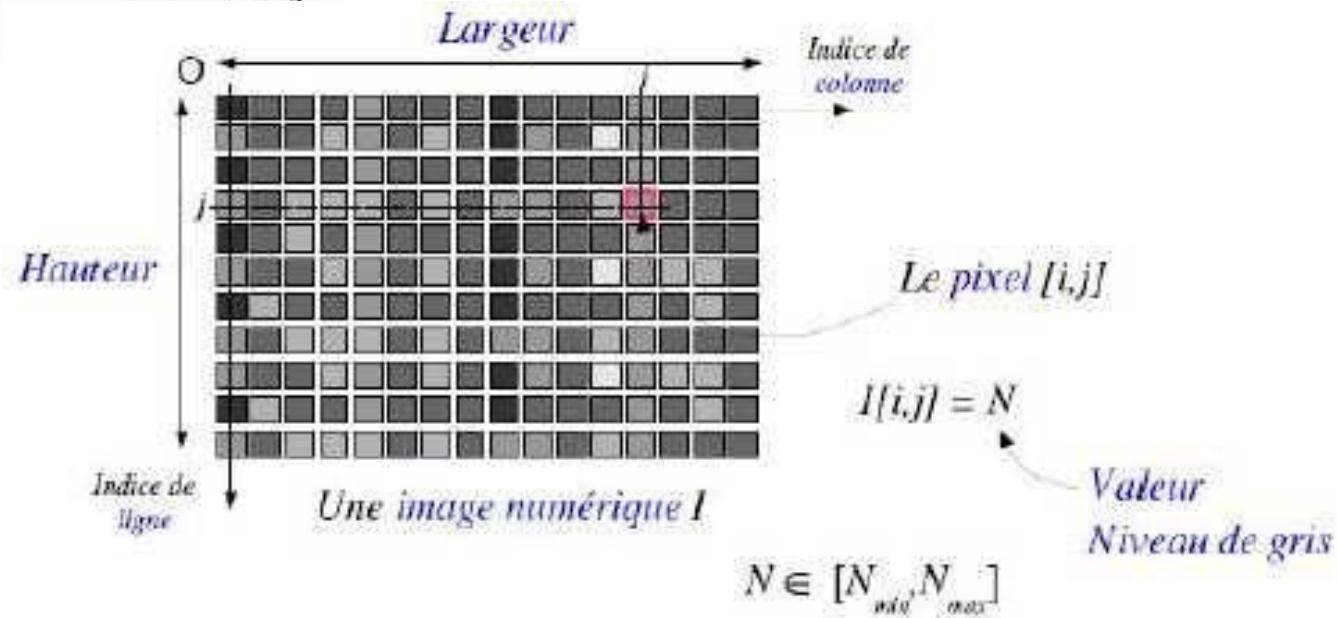
- Prise d'une image en mode photo rapide (Monoshot) déclenchée sur le passage de l'objet, temps d'exposition bref pour éviter le flou lorsque la caméra prend des images en mouvement.
- Prise d'une image cyclique avec un temps d'exposition court présélectionné par l'opérateur (Electronic Shutter).
- Il faudra faire attention au choix de la focale qui est fonction de la taille du capteur de la caméra (1/2 ou 2/3 de pouce) ; de la hauteur de l'objet à contrôler (profondeur de champ); de la taille de l'objet et de l'éloignement possible de la caméra.
- De plus la distance minimum de mise au point doit être inférieure à l'éloignement de la caméra, et enfin l'utilisateur devra veiller à l'éclairage possible de la scène qui conditionne l'ouverture du diaphragme et donne la profondeur de champ (une caméra couleur nécessite plus d'éclairage qu'une caméra monochrome).

- L'image numérique



Continuous image projected onto a sensor array

Result of image

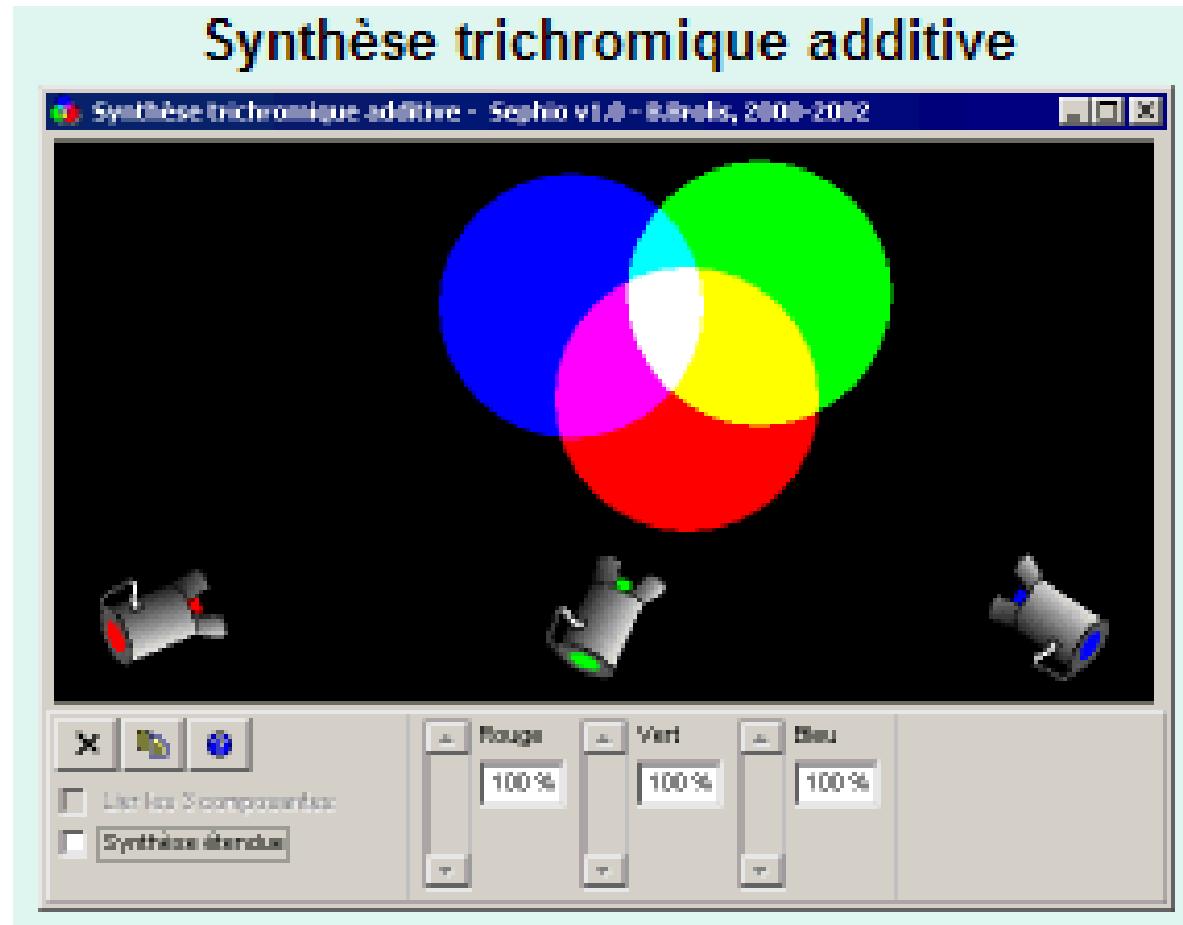


Un pixel a un niveau de gris [0:255]

Image monochrome  
(niveaux de gris)

- L'image numérique

Image Couleur



Superposition de trois couleurs -> triplet (R;V;B) de pixels Rouge Vert Bleu

- L'image numérique

Image Couleur



Bleu

Vert

Rouge



Vue comme trois images monochromes: composantes Rouge Vert Bleue

- Dimensionner le système de contrôle

## Dimensionner le système de contrôle En premier lieu, QUELLE RESOLUTION?

Par exemple, le CDC stipule:

Zone d'inspection= 800 x 600 mm

Précision de mesure= 1 mm (soit 1 mm/pixel)

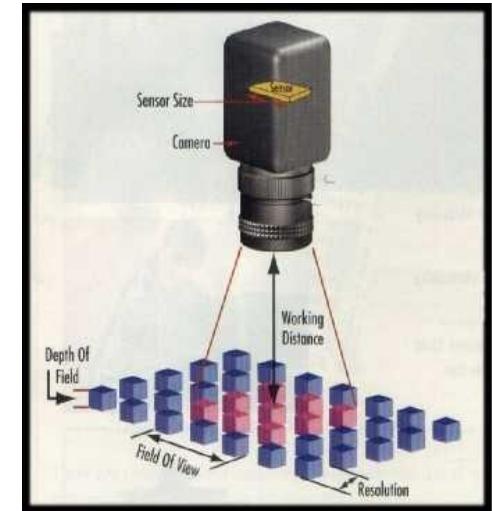
Capteur de 800 par 600 pixels suffisant?

-En théorie OUI,

-EN PRATIQUE: si possible on prend de la marge (2, 3 voir 4 fois la résolution théorique)

-Sur une base de 0,25 mm/pixel, Capteur de 3200 par 2400 px!

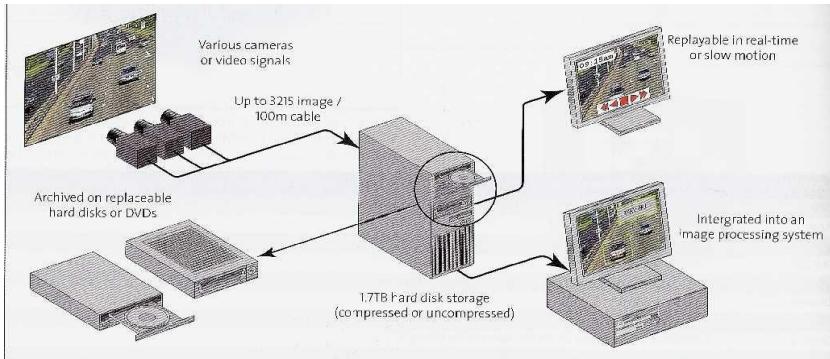
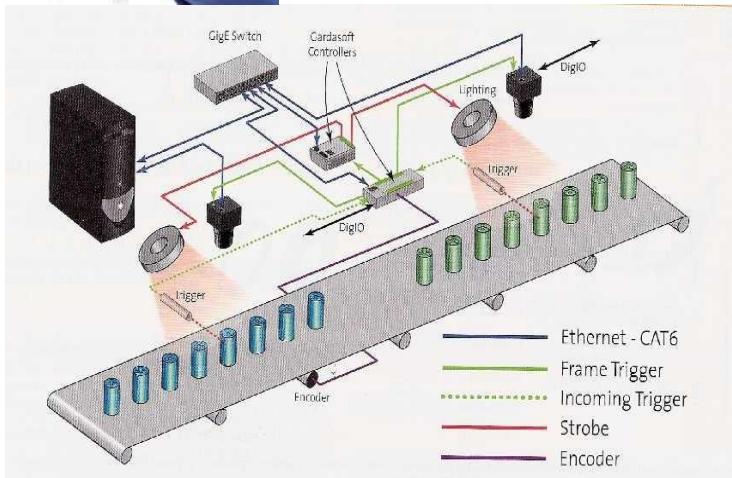
-Sur une base de 0,5 mm/pixel, Capteur de 1600 par 1200 px!



## Dimensionner le système de contrôle

### QUEL SYSTEME D'ACQUISITION?

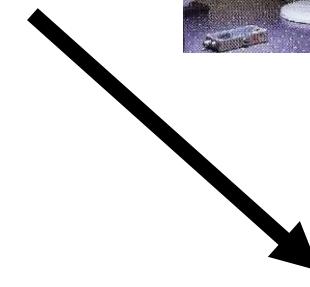
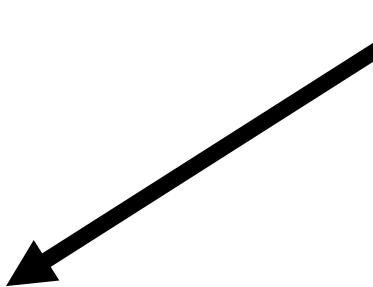
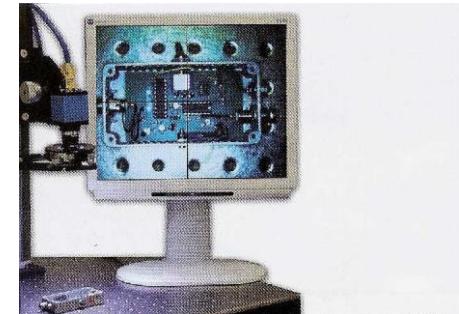
Intimement lié au CONCEPT de l'application et DONC à l'architecture matérielle/logicielle à mettre en oeuvre



# Dimensionner le système de contrôle

## QUEL SYSTEME D'ACQUISITION?

1 SEULE VUE A CONTROLER



Cadence faible  
(type station de métrologie)  
MAIS  
Haute résolution  
Gros calculs  
IHM

Caméra USB, FireWire  
+ Base PC (bureautique,  
Portable ou industrielle)

Cadence élevée  
(type inspection en ligne)  
MAIS  
Résolution standard  
Simplicité des contrôles  
Pas d'IHM

Caméra intelligente

Cadence élevée  
(type inspection en ligne)  
MAIS  
Haute résolution  
Contrôles +/- complexes  
IHM

Caméra GigE, CameraLink  
+ Base PC (bureautique ou  
industrielle) Ou Compacte

## Dimensionner le système de contrôle

### QUEL SYSTEME D'ACQUISITION?

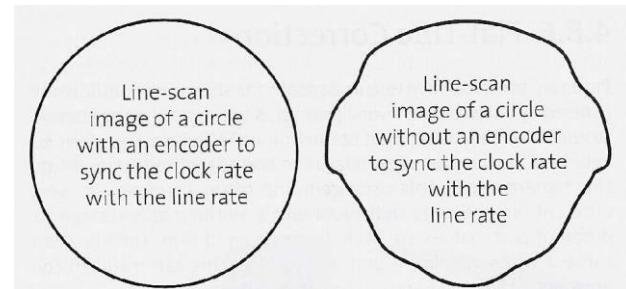
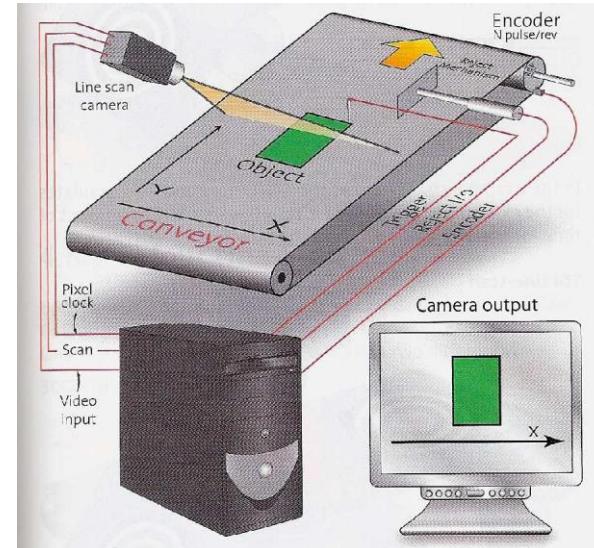
Cas particulier: Acquisition en continu (ex inspection planche à billet, papier...)



### CAMERA LINEAIRE

Reconstruction d'une image très haute résolution par défilement (ou inspection ligne à ligne)

Mise en œuvre délicate: Nécessite un synchronisation parfaite entre le mouvement de l'objet et la prise d'images.



# Dimensionner le système de contrôle

## CAMERA INTELLIGENTE (SMART CAMERA)

Système autonome incluant:

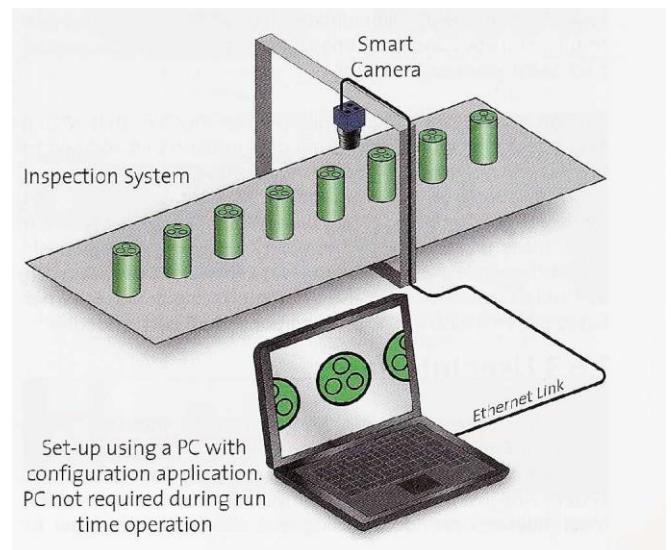
Capteur de prise de vue  
(avec possibilité optique et éclairage intégrés)

Calculateur pour analyse d'images

E/S pour interfaçage process

Environnement de programmation figé (logiciel propriétaire)

Rapide mais limité en résolution (gamme)



Matériel optimisé en termes  
d'intégration de programmation et de rapidité de calcul

## Dimensionner le système de contrôle

### CAMERA INTELLIGENTE (SMART CAMERA)

COGNEX: Checker, In-Sight...



SENSOPART: Visor...

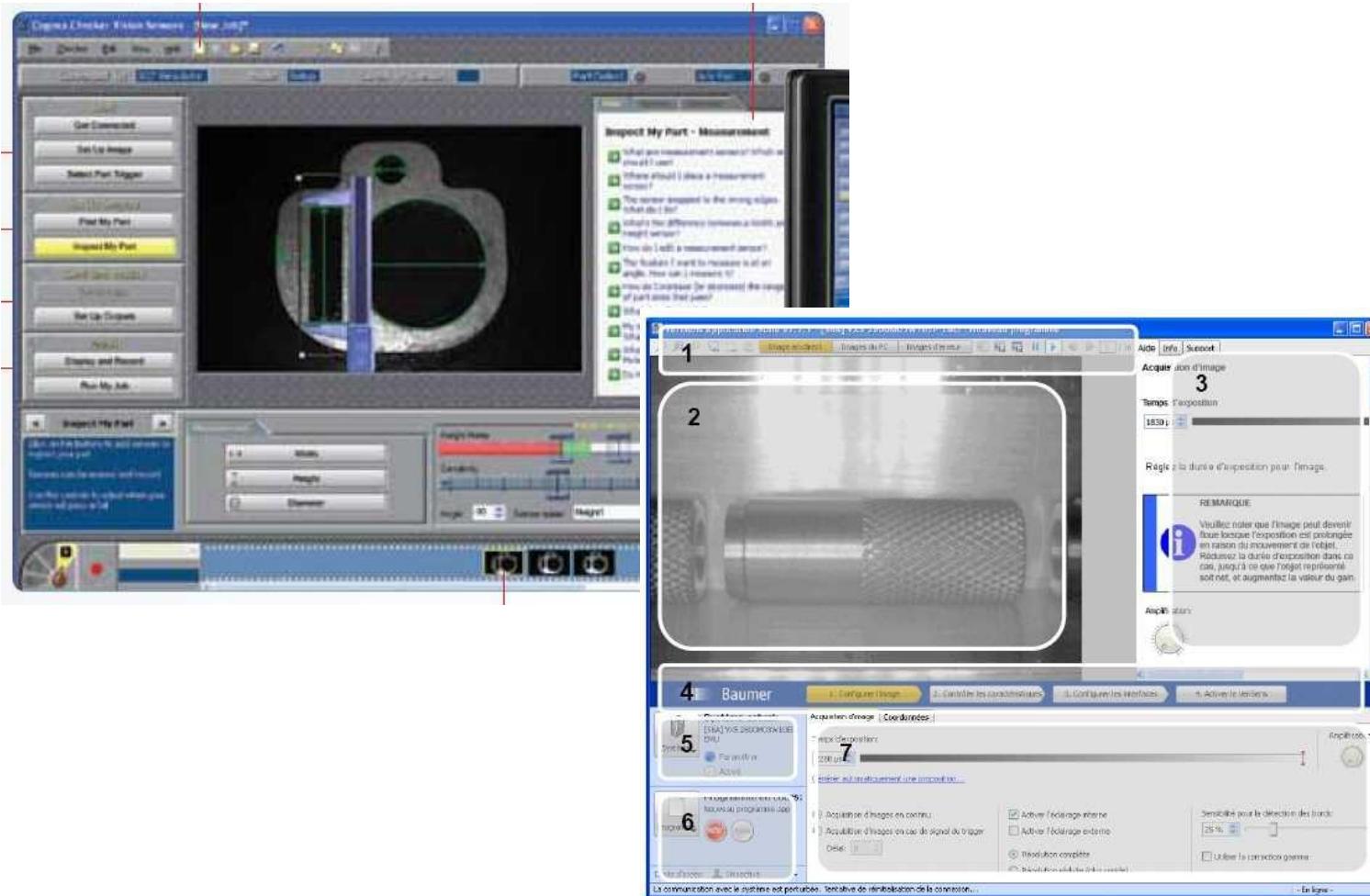


BAUMER: Veri-Sens...



- Dimensionner le système de contrôle

## CAMERA INTELLIGENTE (SMART CAMERA)

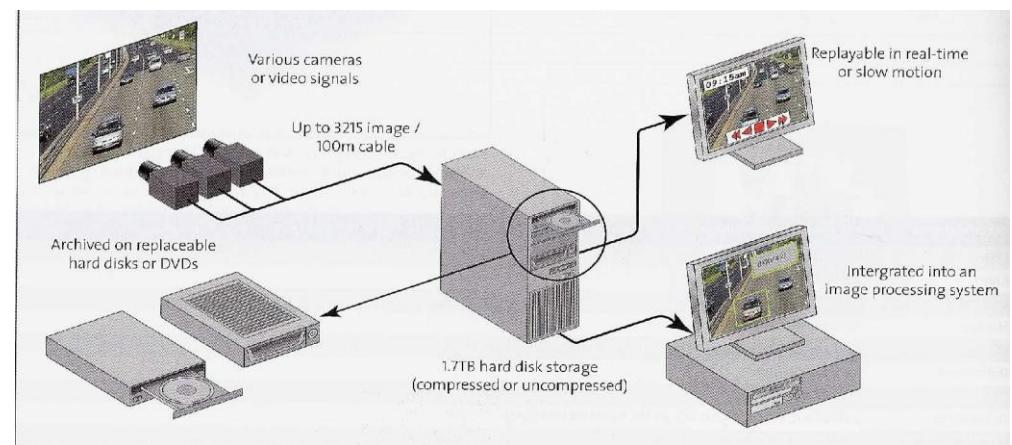


●

## Dimensionner le système de contrôle CAMERAS + BASE PC (Bureautique ou industrielle)

PC avec OS standard ( Windows , Linux ...)

- Pour faire tourner son progiciel de vision favori ( Halcon...)
- Pour utiliser le SDK des caméras et créer son propre environnement de programmation...
- Modulaire: Choix de caméras très ouvert...



## Dimensionnement d'un système basé sur PC (Contrôle haptique ou industrielle)

PC avec OS standard « Embedded » (XP, Seven...)

- Pour faire tourner son progiciel de vision favori...
- Pour utiliser le SDK des caméras et créer son propre environnement de programmation...
- Modulaire: Choix de caméras très ouvert...

Nécessite l'intégration de carte d'acquisition vidéos

Nécessite l'intégration de carte E/S pour dialogue process

Optimisation matérielle à la charge de l'intégrateur!

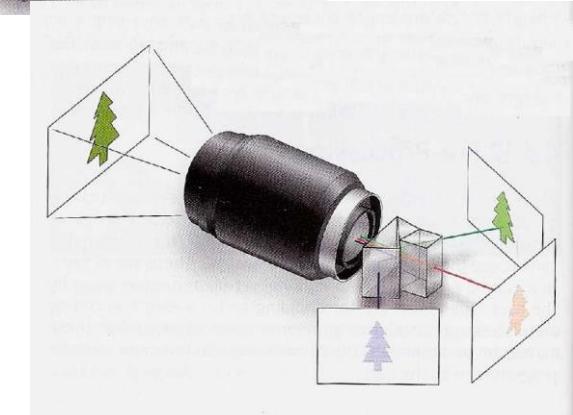
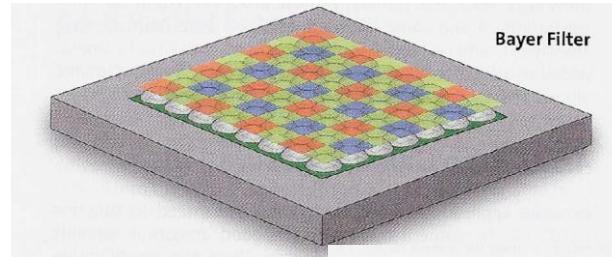
Les performances dépendent de la qualité de la programmation et de la configuration établie!

- Dimensionner le système de contrôle

## LES CAMERAS (capteur CCD ou CMOS)

Compromis entre:

Vitesse (Frame rate) / Résolution / Sensibilité / Shutter (CMOS) / ROI /  
Balayage partiel / Déclenchement / Strobe / Alimentation /  
Encombrement / Codage couleur...

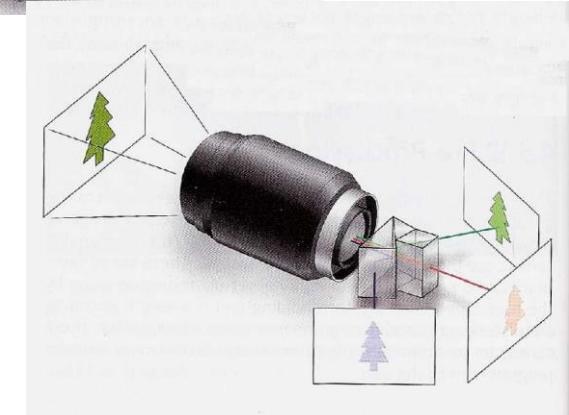
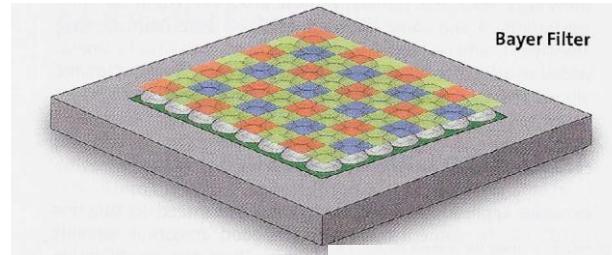


- Dimensionner le système de contrôle

## LES CAMERAS (capteur CCD ou CMOS)

Compromis entre:

Vitesse (Frame rate) / Résolution / Sensibilité / Shutter (CMOS) / ROI /  
Balayage partiel / Déclenchement / Strobe / Alimentation /  
Encombrement / Codage couleur...

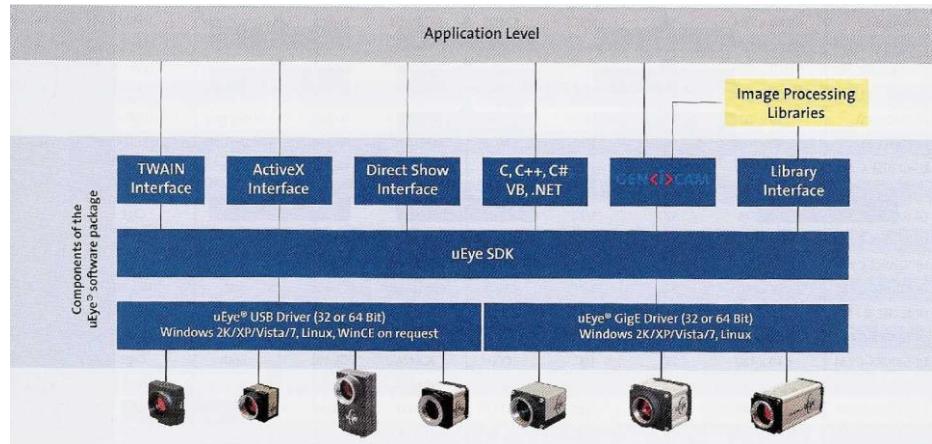


Plus la résolution augmente, plus la vitesse baisse!

- Dimensionner le système de contrôle

## LES CAMERAS (capteur CCD ou CMOS)

IDS Série Ueye caméras USB



JAI A1 (analogique), CM200 (CL ou GigE)...

DALSA Série Génie (GigE)





## CHOIX DES OBJECTIFS

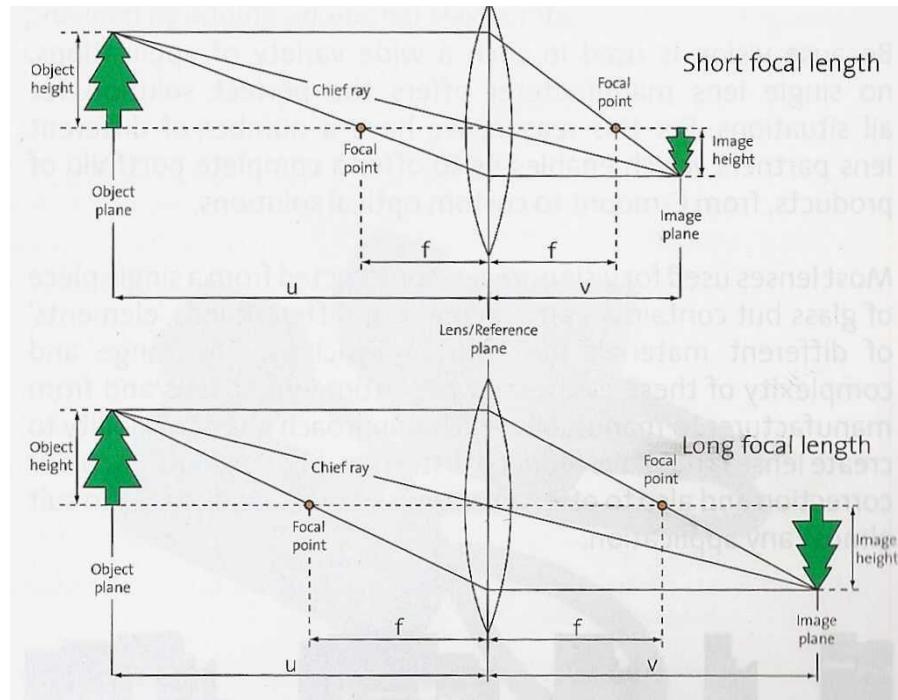
### Dimensionner le système de contrôle

Fonction de la distance de travail (impose la distance focale)

Fonction du champs à observer

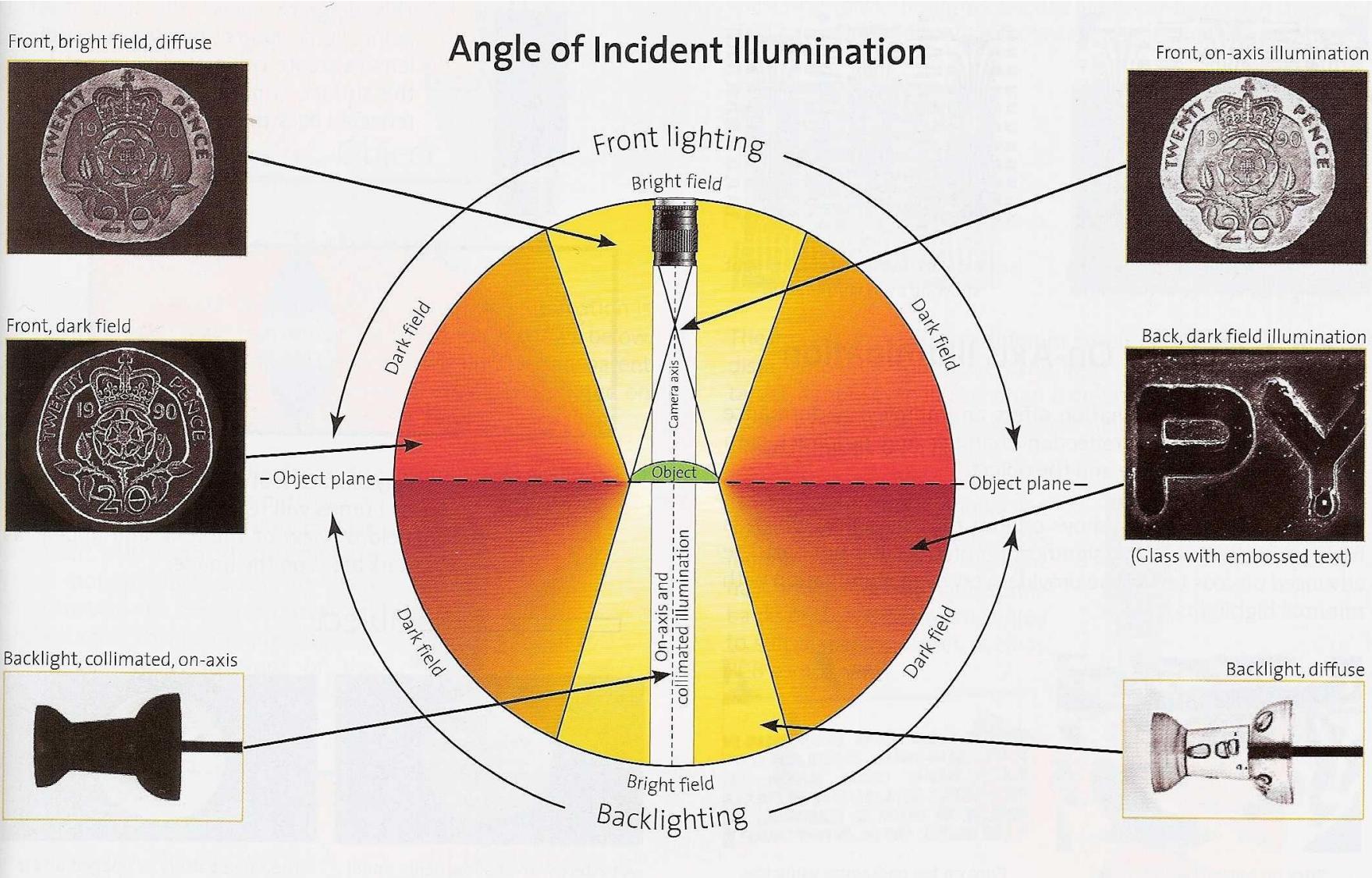
Fonction de la profondeur de champ

Fonction de la tolérance aux aberrations (qualité de l'image)



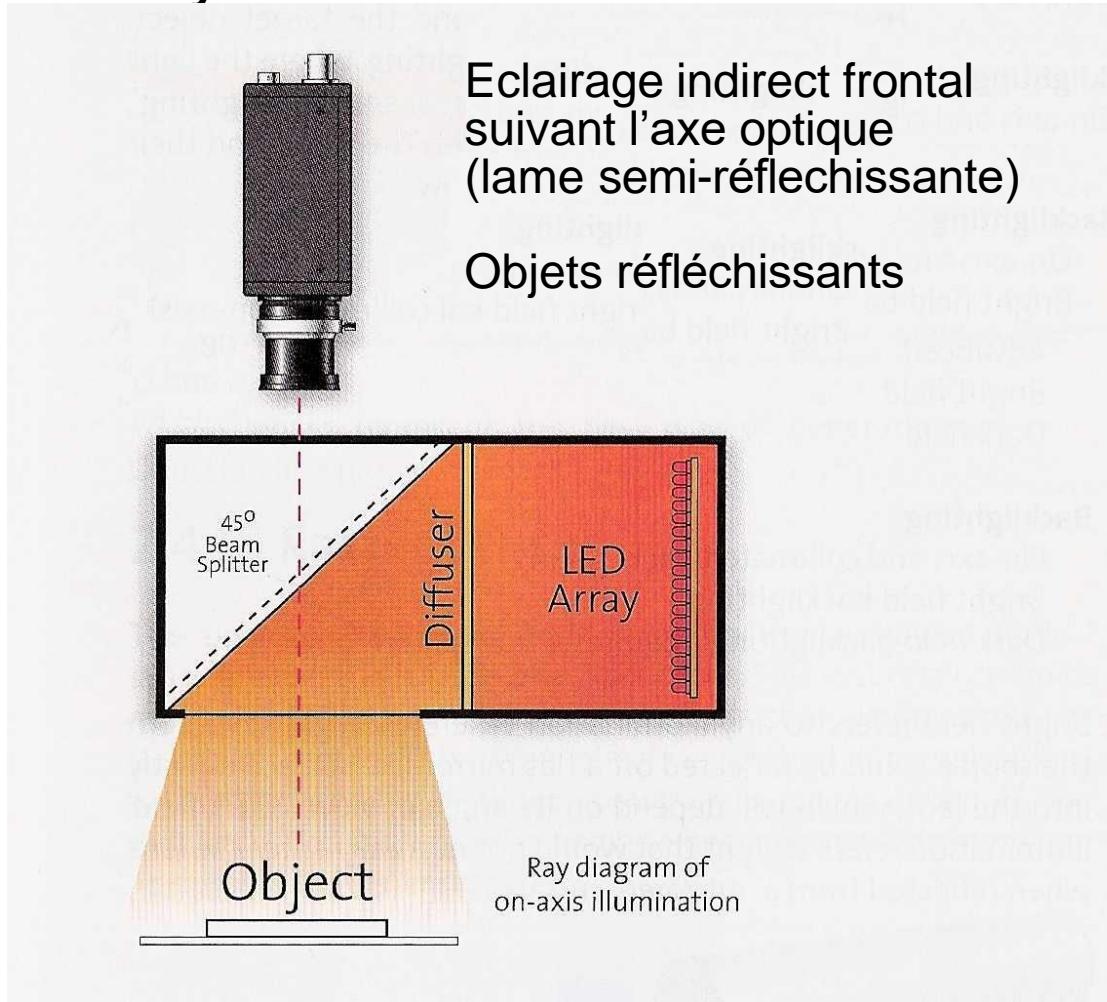
- Dimensionner le système de contrôle

## CHOIX DES ECLAIRAGES



# CHOIX DES ECLAIRAGES

## Dimensionner le système de contrôle



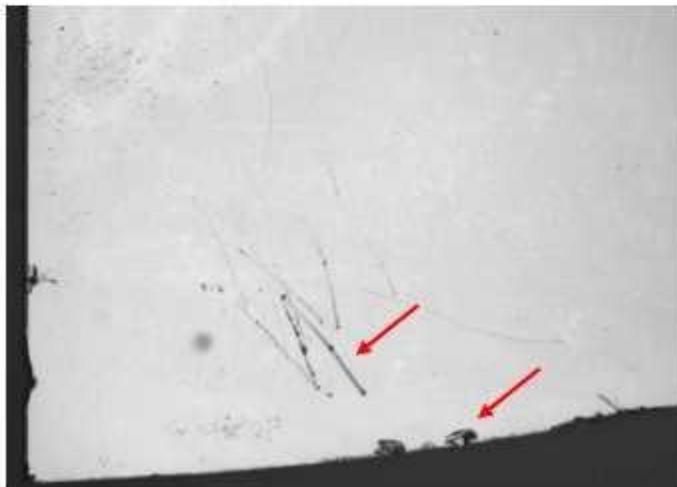
- Dimensionner le système de contrôle

## CHOIX DES ECLAIRAGES

### ECLAIRAGE COAXIAL

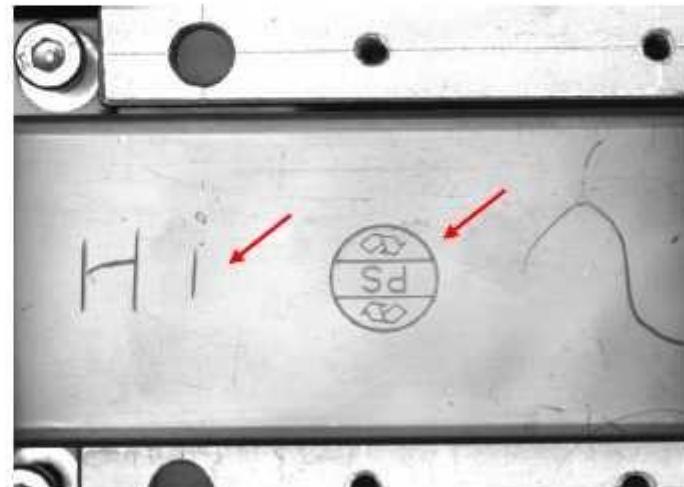
#### Exemple: Verre

- Bords endommagés et rayures apparaissent en sombre, les surfaces intactes en clair



#### Exemple: Plastique transparent

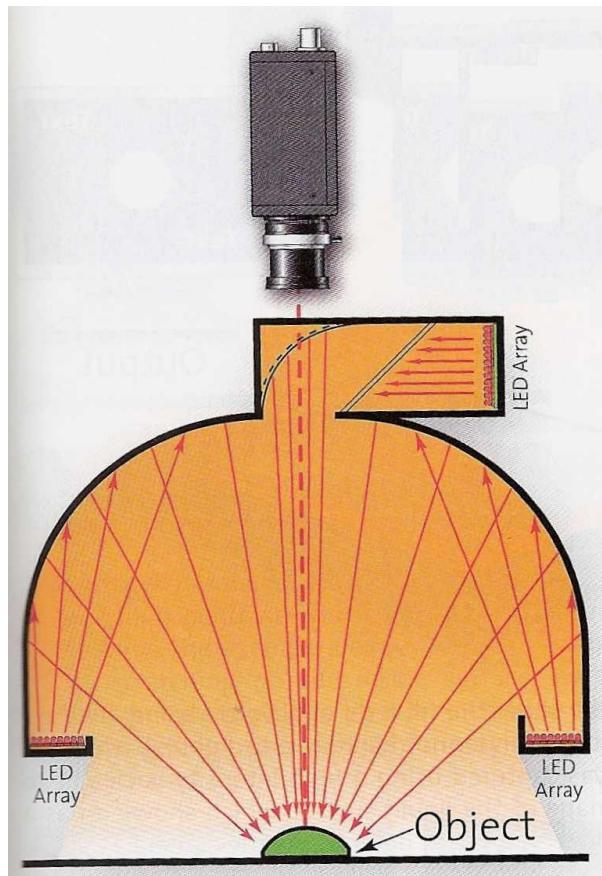
- Rayures, empreintes, et logo apparaissent en sombre



Eclairage coaxial

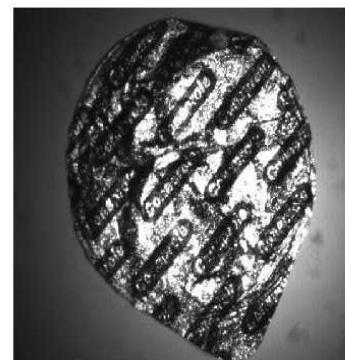
# CHOIX DES ECLAIRAGES

## Dimensionner le système de contrôle



Eclairage type dôme  
Illumination uniforme

Objets réfléchissants  
Surfaces complexes



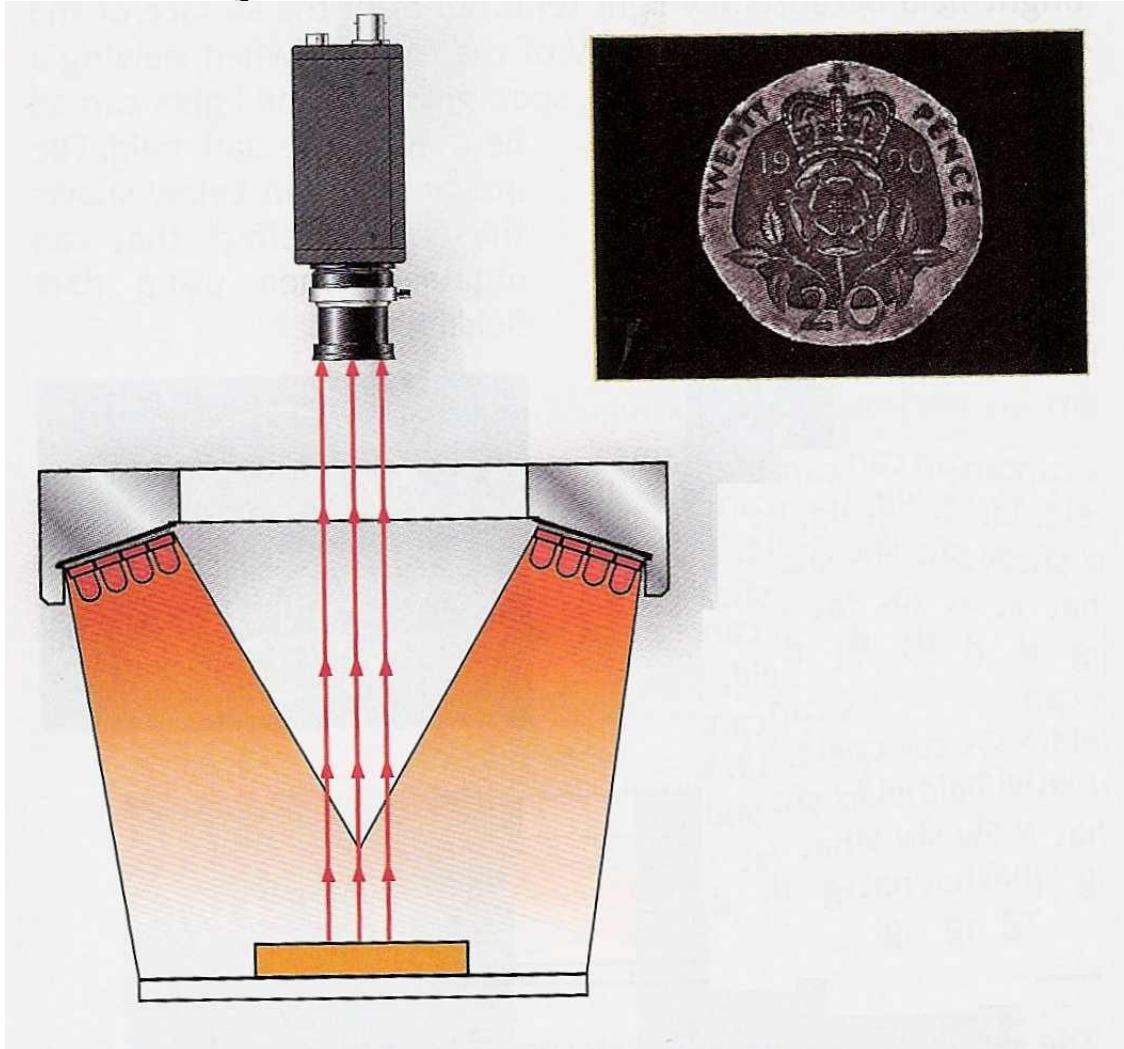
Aluminium avec éclairage direct



Aluminium avec dôme

## CHOIX DES ECLAIRAGES

### Dimensionner le système de contrôle

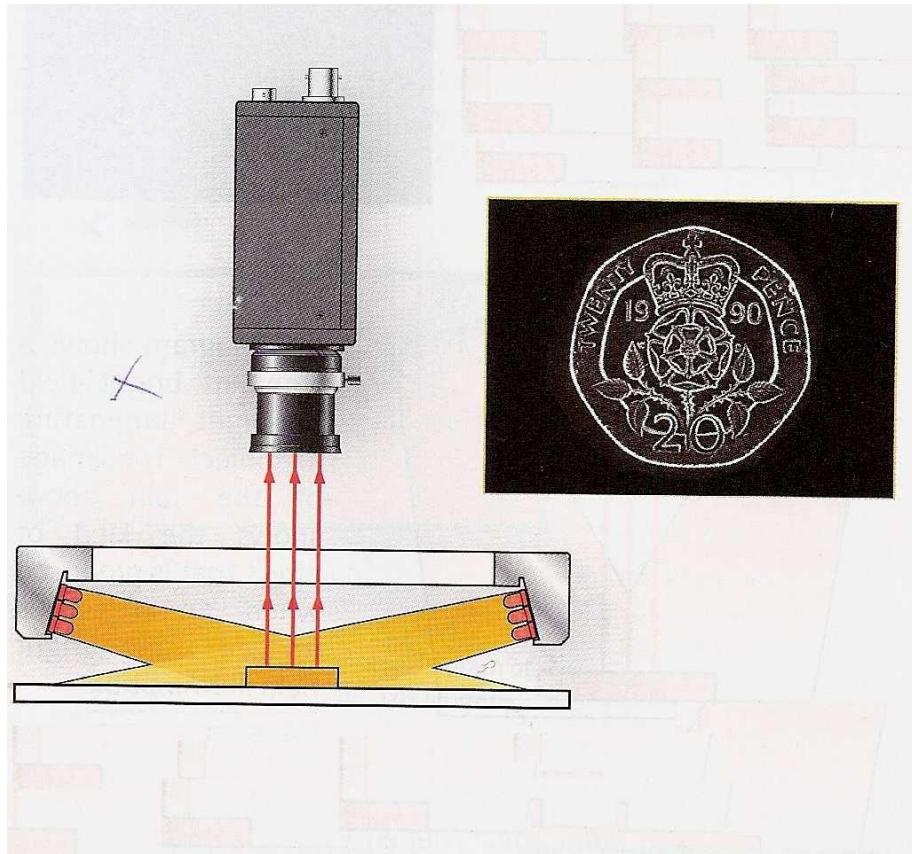


Eclairage type  
« champ clair »  
standard

Objets non  
réfléchissants

## • CHOIX DES ECLAIRAGES

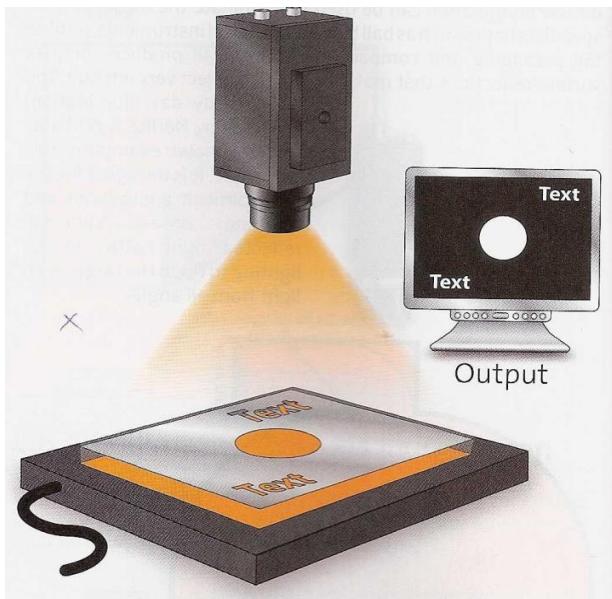
### Dimensionner le système de contrôle



Eclairage type  
« champ sombre »  
Contours, rayures...

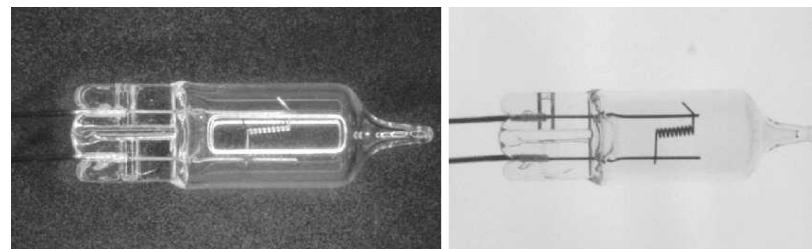
# CHOIX DES ECLAIRAGES

## Dimensionner le système de contrôle



Eclairage type  
« rétro éclairage »

Profil, forme...



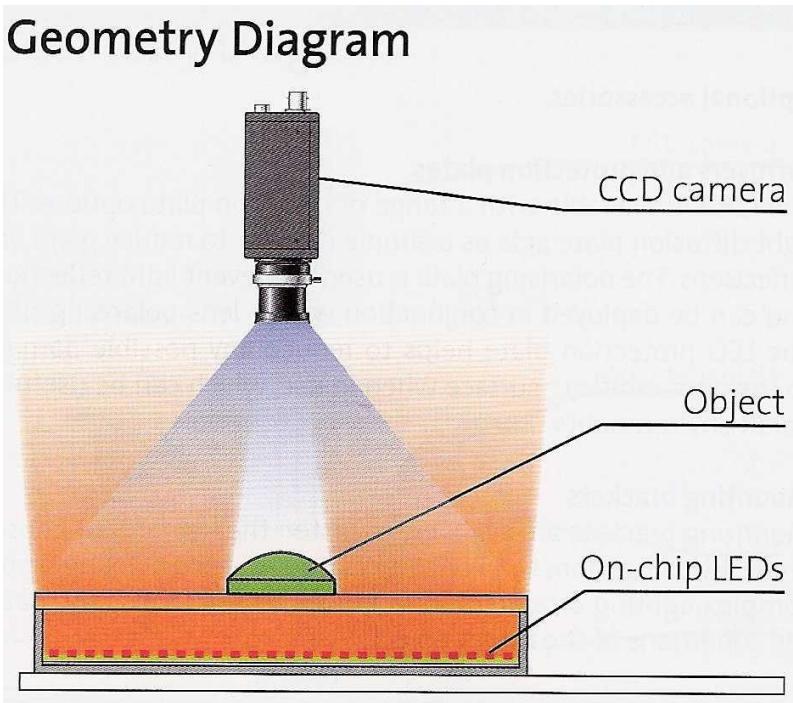
Filament d'une lampe avec un éclairage annulaire direct

Filament d'une lampe avec un rétro éclairage

- Dimensionner le système de contrôle

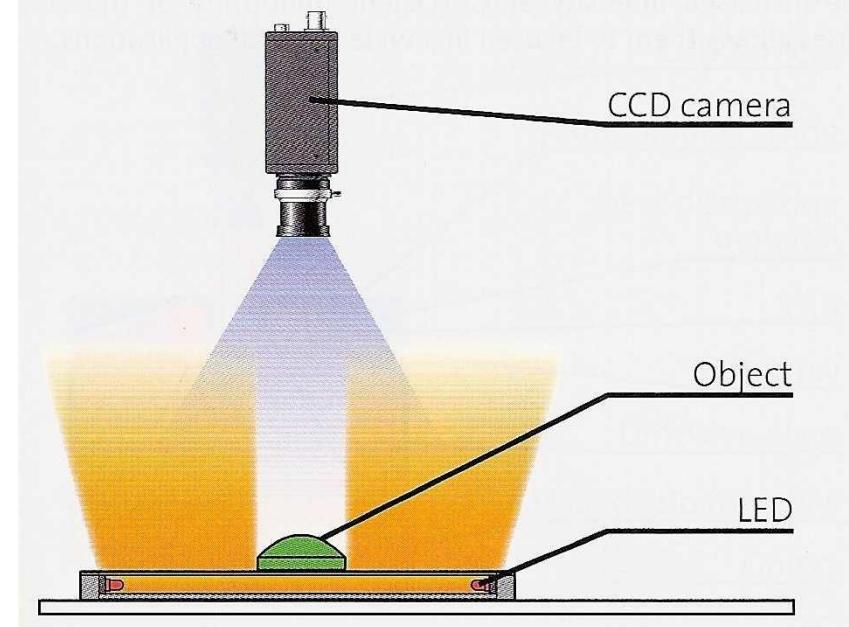
## CHOIX DES ECLAIRAGES

Geometry Diagram



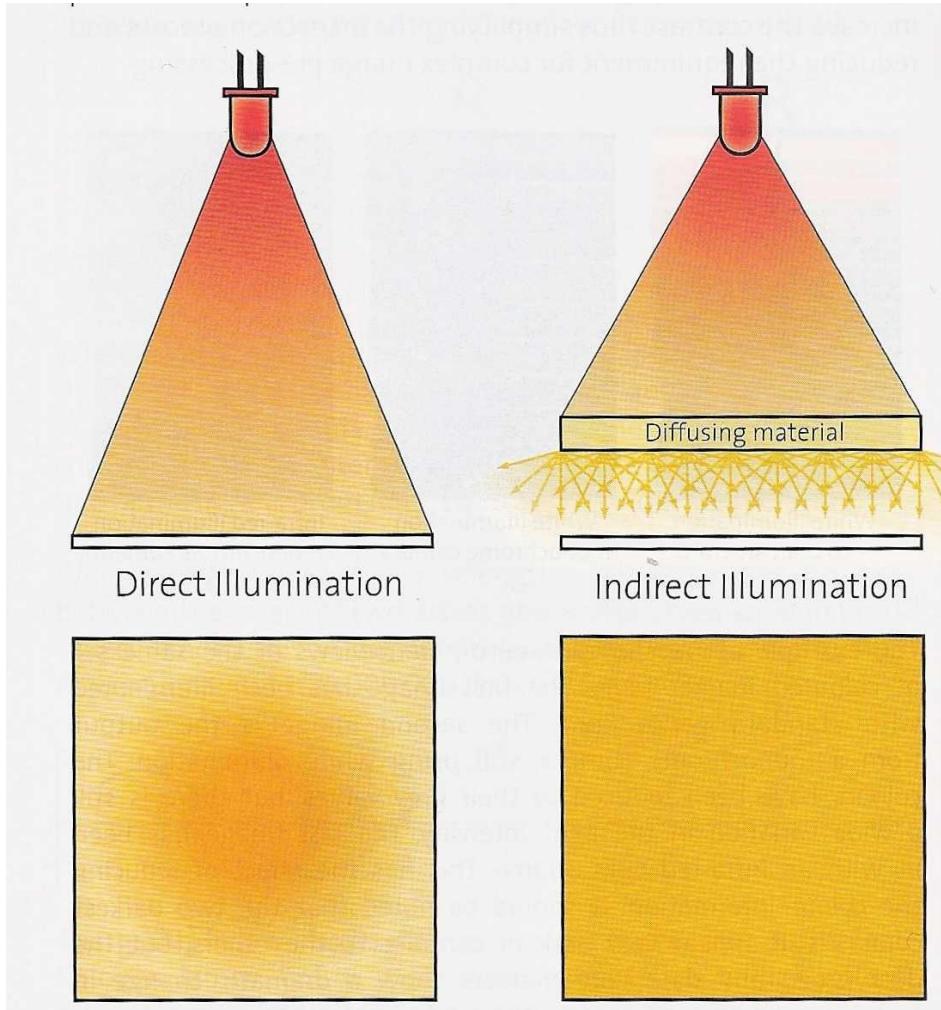
Eclairage type  
« rétro éclairage »

Geometry Diagram



- Dimensionner le système de contrôle

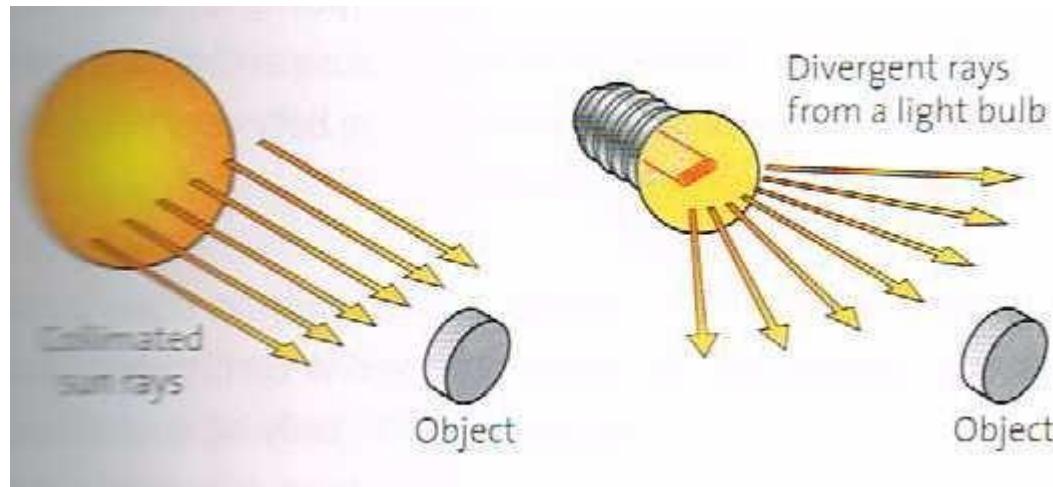
## CHOIX DES ECLAIRAGES



Utilisation de diffuseurs

- Dimensionner le système de contrôle

## Leds collimatées

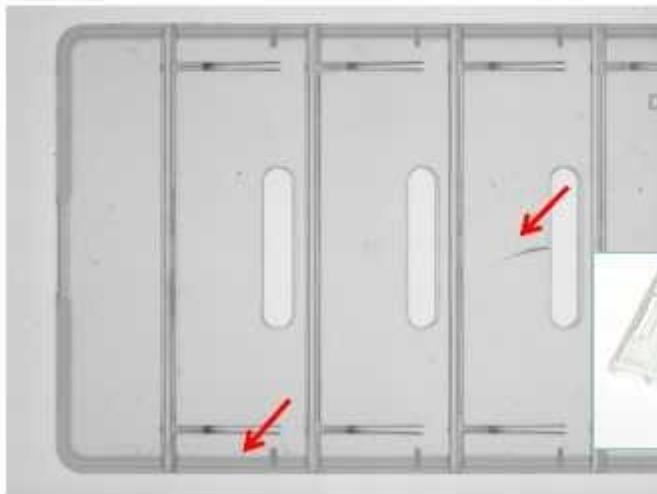


- Dimensionner le système de contrôle

## BACKLIGHT COLLIMATE

### Diffus vs. collimaté

- Sur les bords, bulles d'air et craquelures dévient la lumière collimate vers une direction différente, diminuant la transmission
- Contraste augmenté => meilleures détections



Conventional backlight



Collimated backlight (PHLOX)

- Dimensionner le système de contrôle

## BACKLIGHT COLORE

Objets transparents colorés

- Génération de contraste même avec des objets transparents
- Utilisation des couleurs complémentaires



Backlight rouge, pièce rouge



Backlight vert, pièce rouge

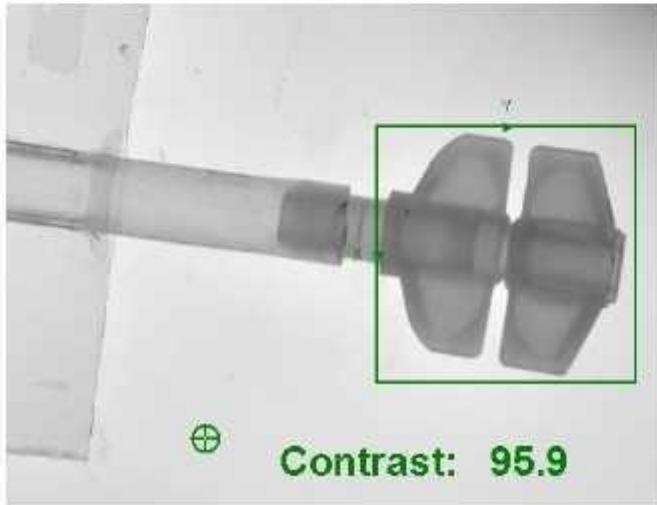


- Dimensionner le système de contrôle

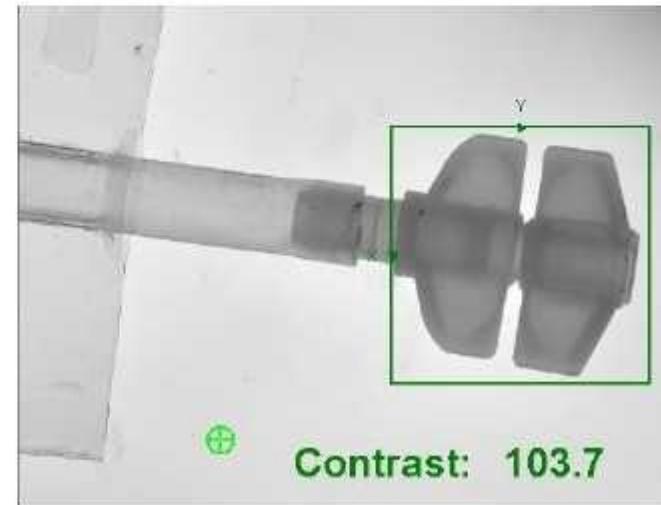
## BACKLIGHT COLORE

### Longueurs d'onde

- Génération de contraste sur des objets semi-transparents: Plus de diffusion dans le bleu, moins de transmission
- Contraste augmenté => detections plus robustes



Backlight rouge



Backlight bleu

- 

## **CHOIX DES ECLAIRAGES**

### **Dimensionner le système de contrôle**

Penser en termes d'intégration:

Puissance / temps d'exposition maxi / application

Alimentation (stabilisée 12 24 48 Vcc)

Strobe: Prolonge la durée de vie de l'éclairage

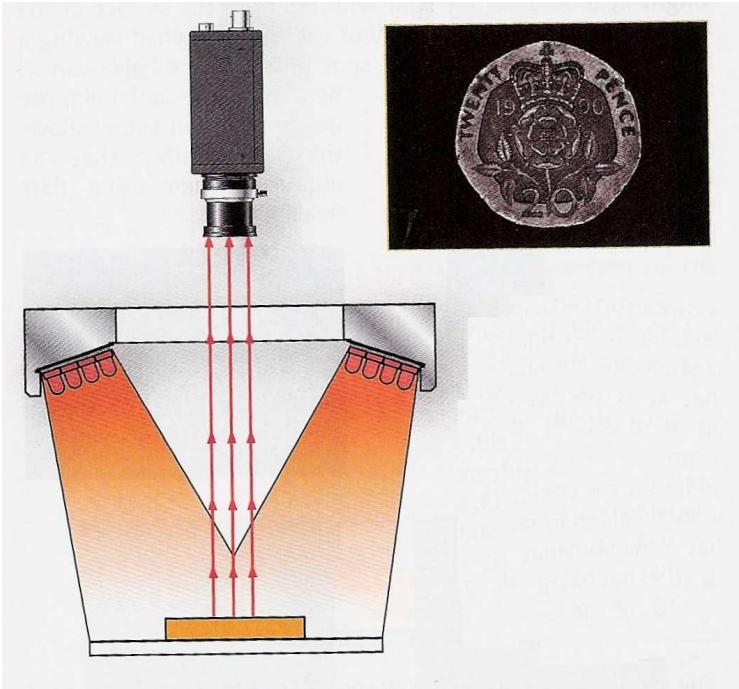
Permet de « booster » la puissance instantanée

Surface éclairante: de préférence 4 x surface à éclairer

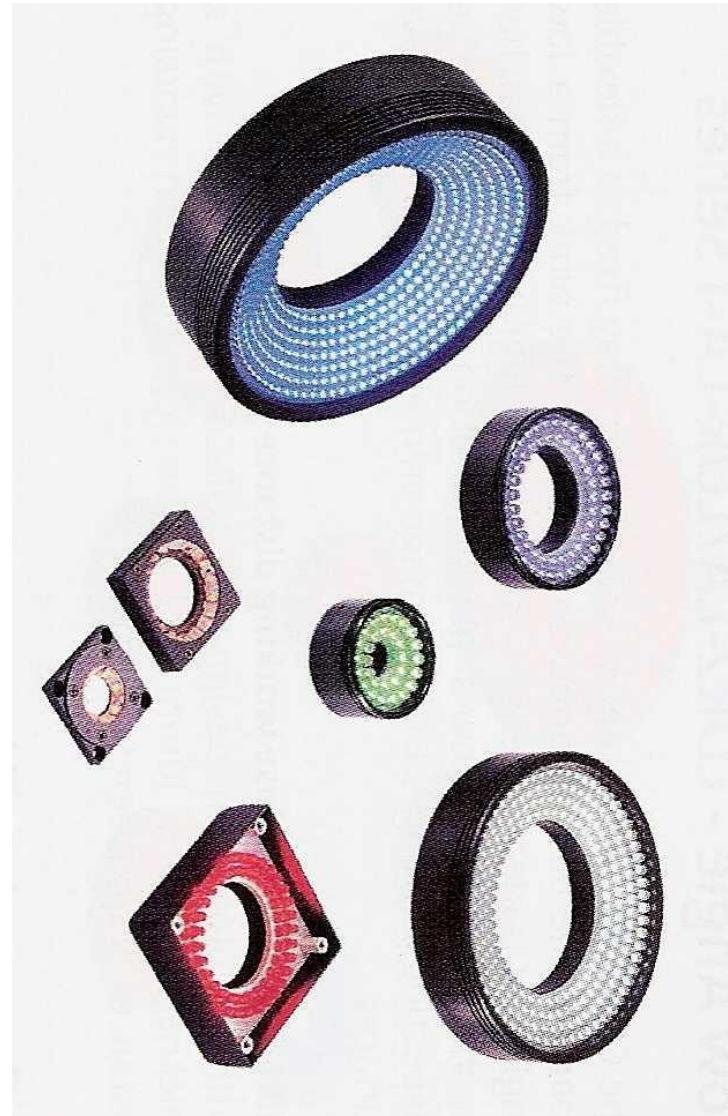
Encombrement

- Dimensionner le système de contrôle

## CHOIX DES ECLAIRAGES

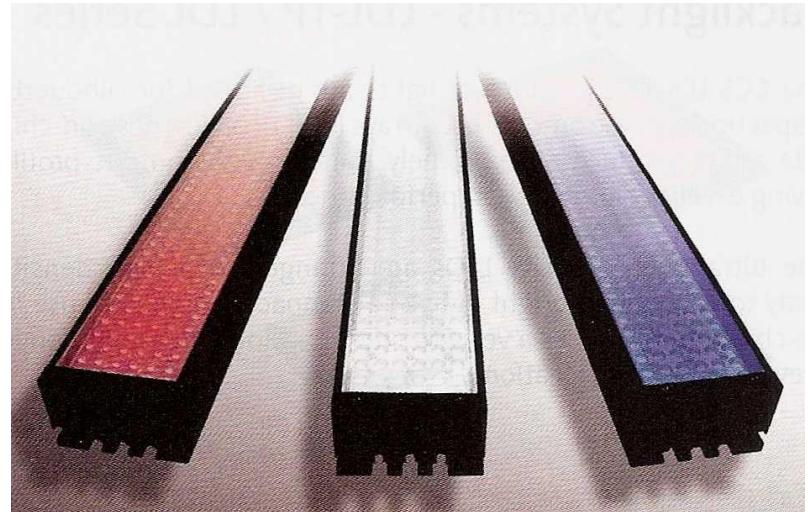
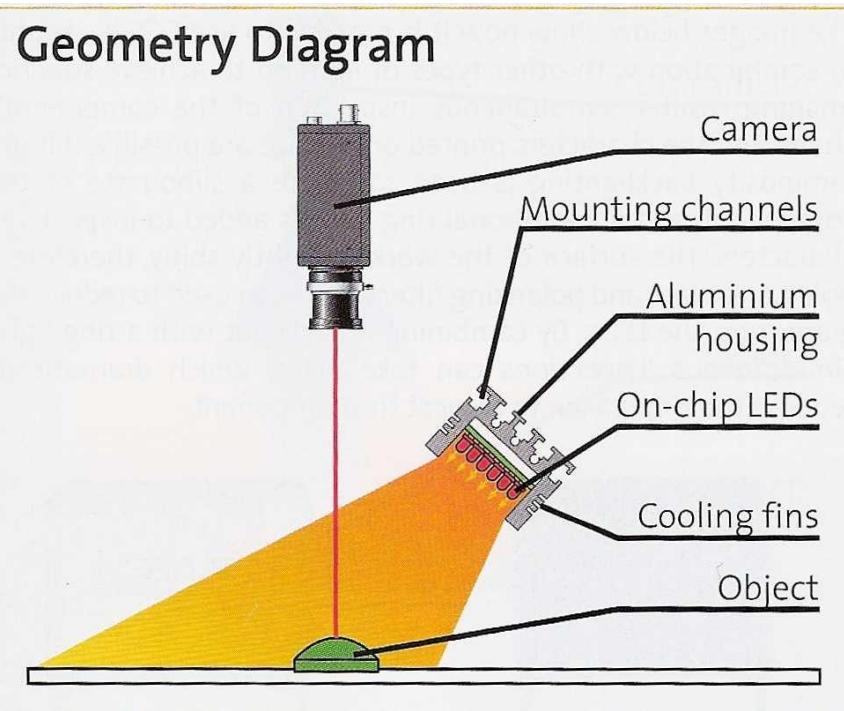


Structure en anneau



- Dimensionner le système de contrôle

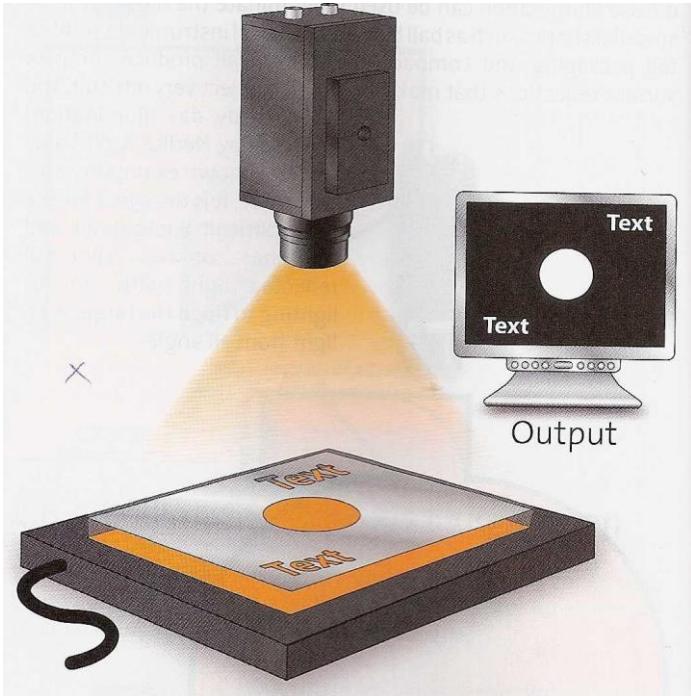
## CHOIX DES ECLAIRAGES



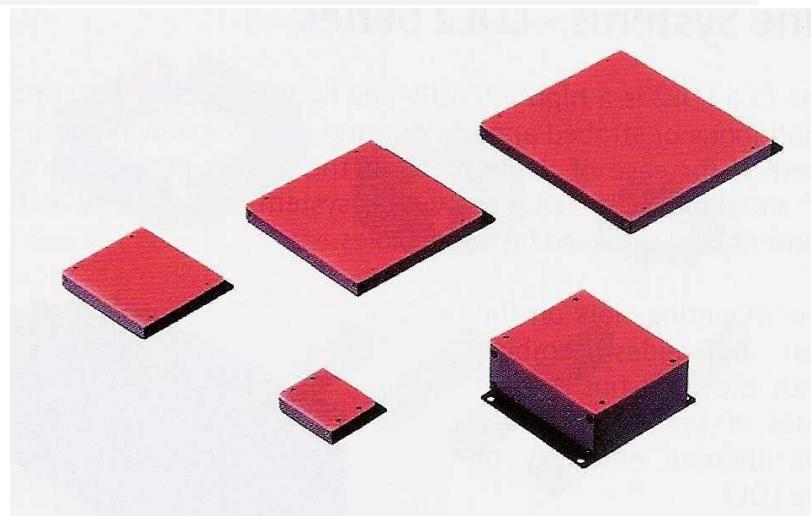
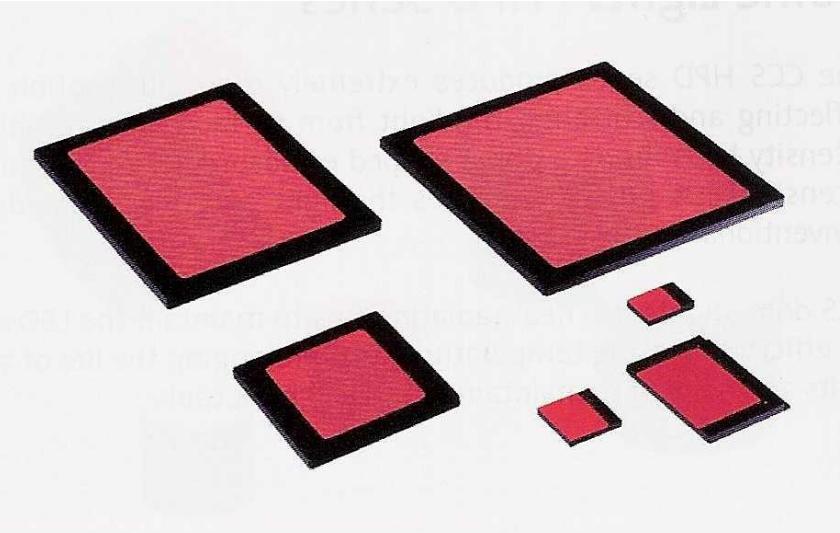
Structure en barreau

- Dimensionner le système de contrôle

## CHOIX DES ECLAIRAGES

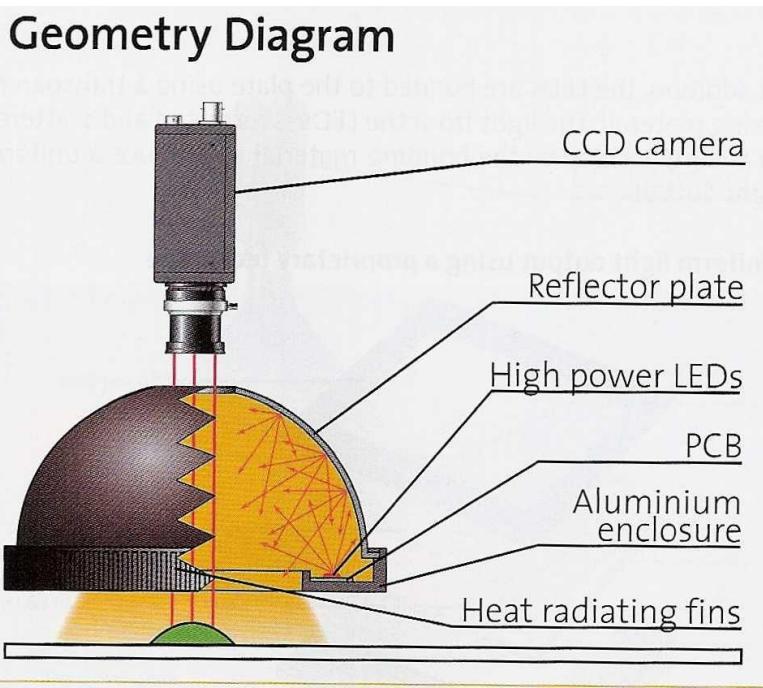


Structure en dalle



- Dimensionner le système de contrôle

## CHOIX DES ECLAIRAGES



Structure en dôme

## **Dimensionner le système de contrôle**

Devant l'offre pléthorique de caméras, objectifs, éclairages...

Privilégier l'intégration de solutions déjà connues et maîtrisées (boîte à outils) !

S'assurer la pérennité du matériel sélectionné!

Fabrication en série de machines standards

Maintenance des machines spéciales

Surtout critique pour les LEDs!

- 

## **ETALONNAGE : INDISPENSABLE**

### **Dimensionner le système de contrôle**

#### **PHOTOMETRIE:**

Optimiser l'adéquation puissance d'éclairage / temps d'exposition / vitesse pièce

Optimiser la netteté, le contraste, l'aspect

Balance des blancs si colorimétrie

#### **METROLOGIE**

Vérifier la conformité du champs d'observation

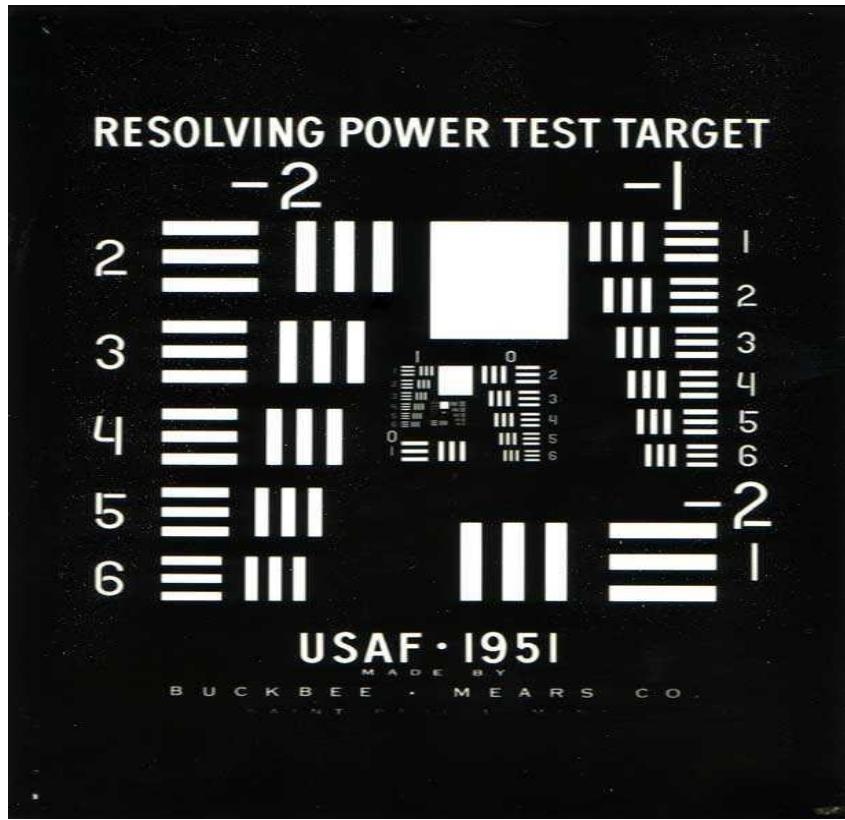
Vérifier la précision de mesure (établir la conversion pixel -> unité de mesure)

**ETABLIR UNE PROCEDURE D'ETALONNAGE REPRODUCTIBLE** (avec pièces étalons)

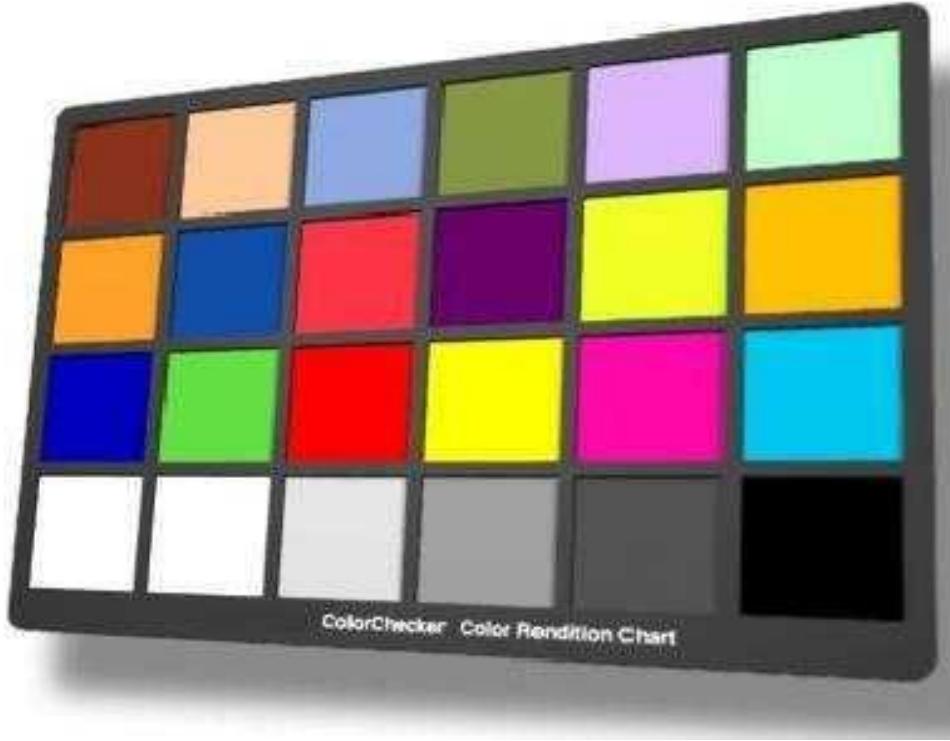
Car le système (éclairage...) peut dériver au fil du temps

-> corrections nécessaires!

# • ETALONNAGE



# • **ETALONNAGE**



# •

# Imagerie spectrale

## INSPECTER AVEC DES UV

- Le rayonnement UV peut exciter des colorants fluorescents qui brillent dans le visible et peuvent ainsi être inspectés

### Examples:

- Adhésifs actifs aux UV
- Fonctions de sécurité
- Encres UV-actives
- Graisses/lubrifiants
- Pour une meilleure visualisation, toujours combiner avec un filtre passe-bande



# Imagerie spectrale

## INSPECTER AVEC DES UV

- Fonction de sécurité fluorescente avec une caméra monochrome et un filtre passe-bande



- Un lubrifiant fluorescent vert inspecté avec une caméra couleur



# Imagerie spectrale

## INSPECTER AVEC DES IR

- Les pigments de couleur absorbent principalement dans le spectre de longueur d'onde visible. Les rayonnements UV et IR sont à peine absorbés mais réfléchis. Par conséquent, les couleurs et les impressions couleur apparaissent brillantes.



Caméra RGB, éclairage blanc



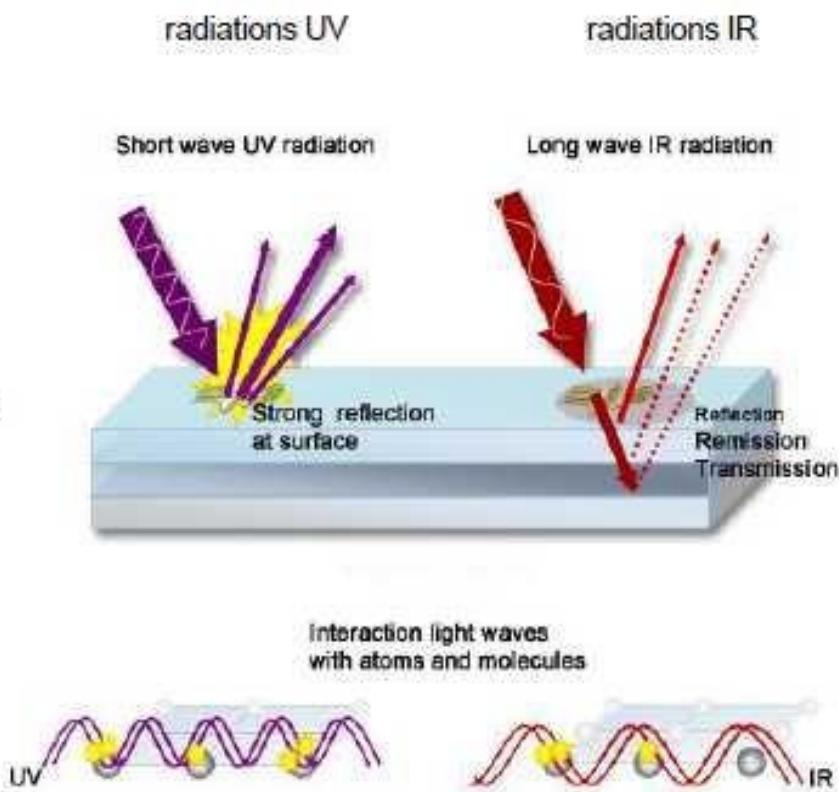
Caméra monochrome, éclairage blanc



Caméra monochrome, éclairage infrarouge

# PARTICULARITÉS LORS D'INSPECTIONS AVEC DES UV & DES IR

- Le rayonnement à ondes courtes tend à refléter plus que la rayonnement à ondes longues (interaction plus forte avec les molécules des matériaux en raison de la fréquence plus élevée -> profondeur de pénétration minimale)
- Les rayonnements UV sont idéaux pour les inspections de surface
- Les petites caractéristiques, la poussière et les rayures sont clairement visibles
- ATTENTION : Les LED considérées ont des normes de sécurité (IEC 62471)



# Imagerie spectrale

## INSPECTER AVEC DES IR

- Le rayonnement d'ondes longues IR est moins diffusant et pénètre mieux les matériaux en utilisant un retro-éclairage.



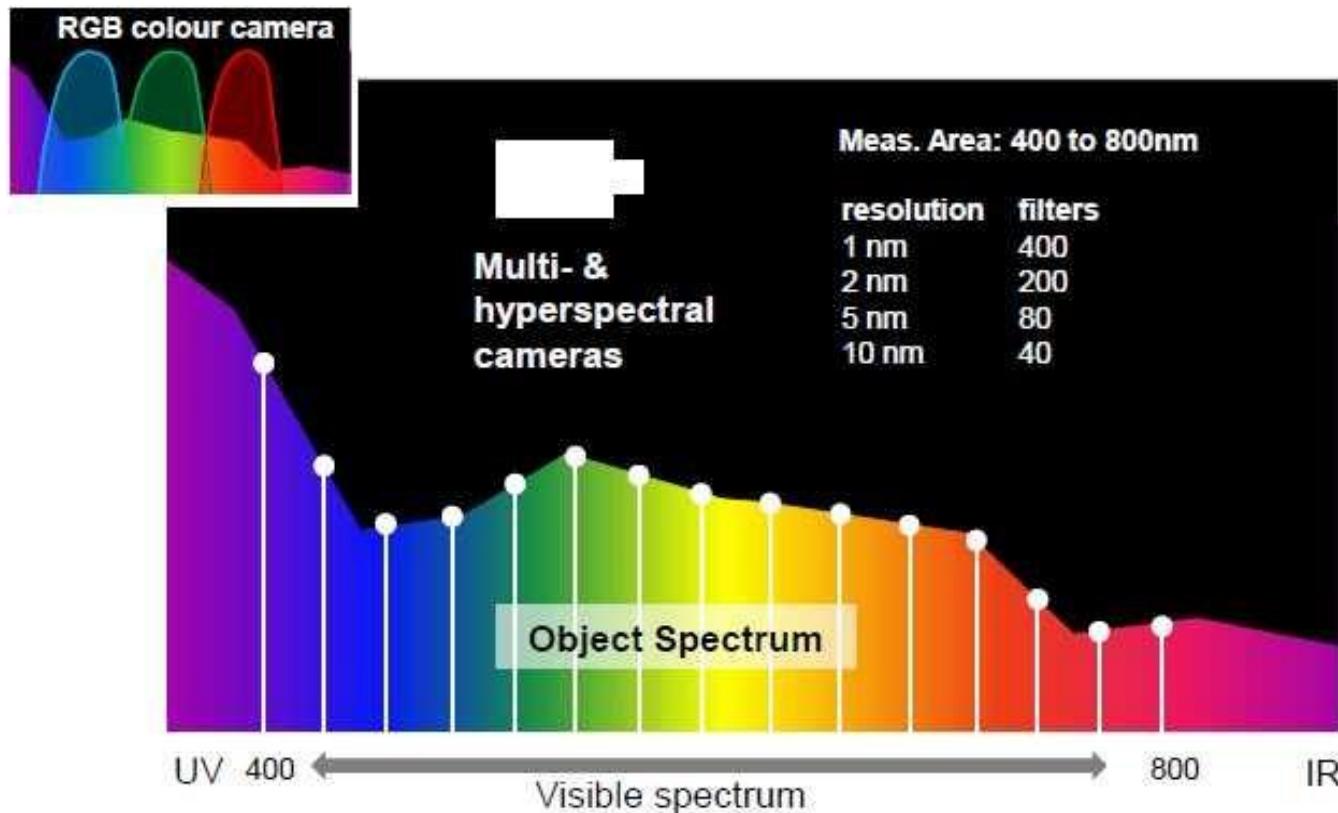
Rétroéclairage  
bleu  
bouteille de colle

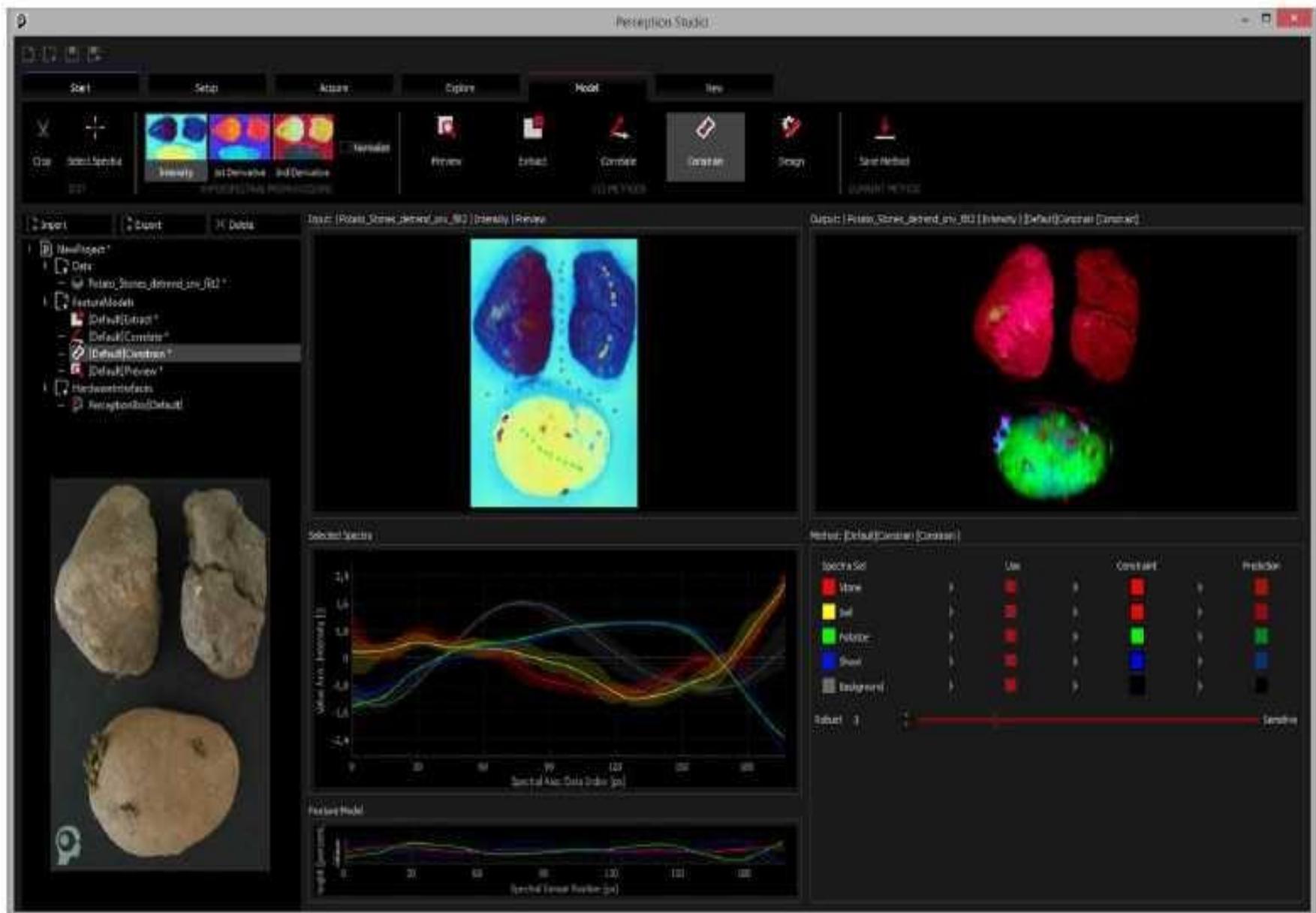


Rétroéclairage  
infrarouge  
bouteille de colle

# Imagerie spectrale

## MULTI- & HYPERSPECTRAL CAMERAS





# EXEMPLE D'ANALYSE HYPERSPECTRALE SWIR

## Imagerie spectrale

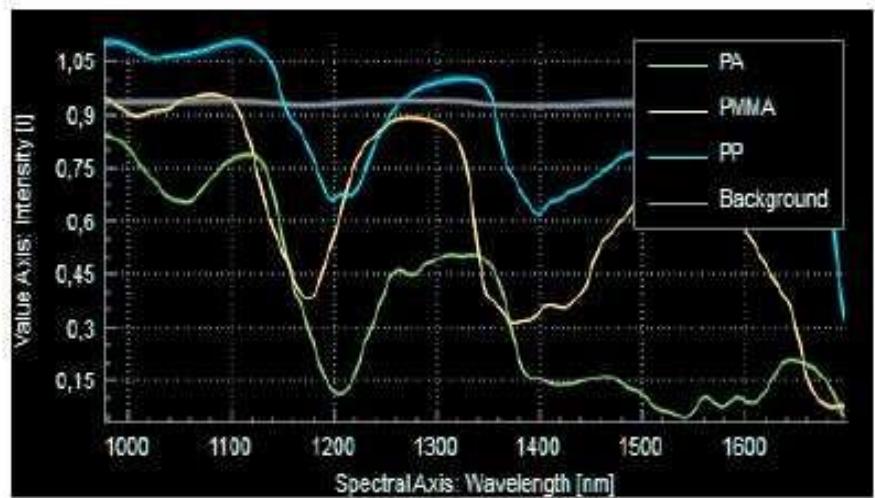
Recycling of plastic parts

■ Various plastics



■ SWIR camera: Spectral Information

Spectra



(Détection de l'eau à 1450 nm)

# • POLARISATION

La polarisation linéaire a lieu lorsque la lumière est réfléchie, réfractée (à travers un milieu transparent) ou passe à travers un film polarisant.

Polariser signifie que l'on laisse passer les ondes avec un certaine polarisation. Toutes les autres polarisations sont bloquées.

Une lumière non polarisée contiendra au moins une composante avec la bonne polarisation qui passera à travers le filtre polarisant.

Cas classique:

Quand le filtre est à 90°/ à la surface réfléchissante, toute la lumière réfléchie directement sera bloquée (fonction "Anti éblouissement" des verres polarisants des lunettes de soleil).



# • POLARISATION

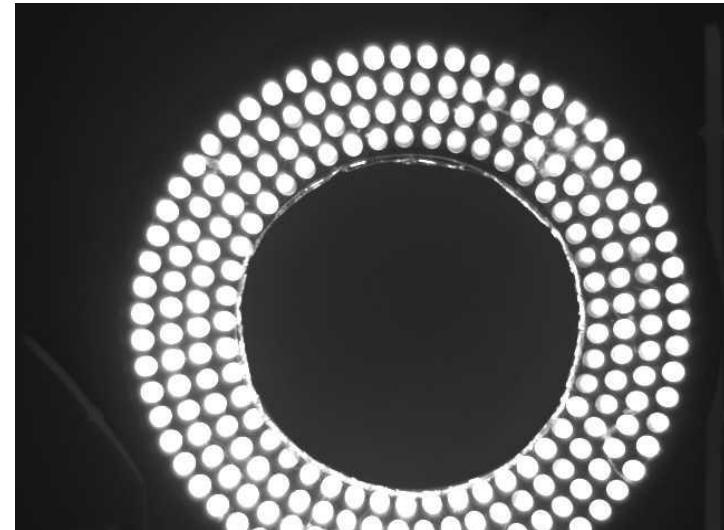
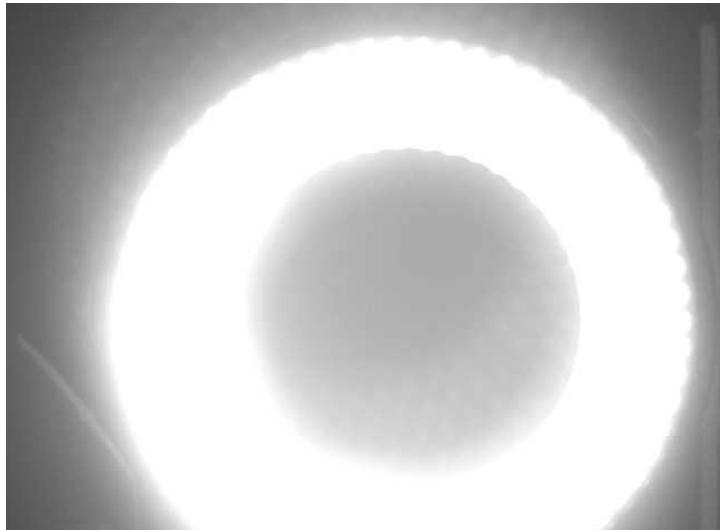
En vision, on peut équiper la source lumineuse et l'optique avec des filtres polarisants.

Leur principale fonction est d'atténuer les réflexions directes (sur des parties brillantes d'un objet).

Ceci constitue une bonne alternative aux éclairages de type dôme.



On peut également utiliser ce principe pour atténuer la lumière directe d'une source visible dans une scène.



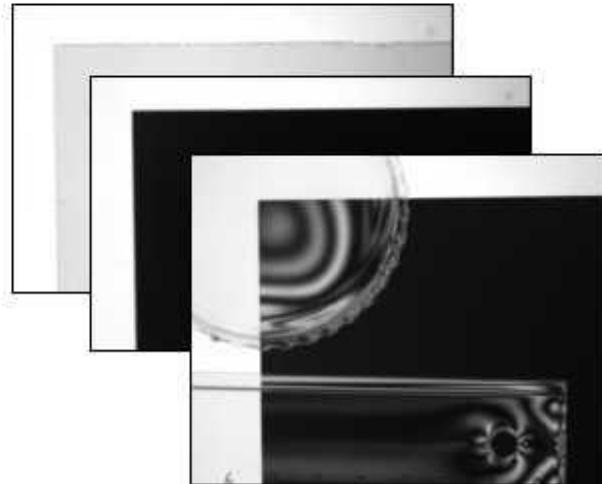
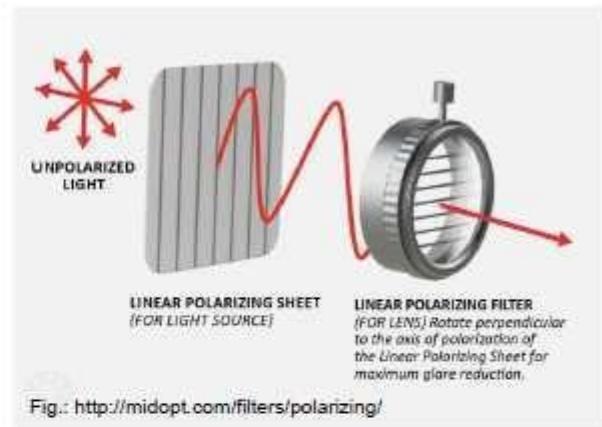
Solution miracle ?

Lors d'utilisation de miroirs ou de prismes, la polarisation n'est plus linéaire d'où une certaine difficulté à trouver un filtrage efficace.

# • POLARISATION

## POLARISATION ET RETROECLAIRAGE

- Filtres polarisants utiles en application backlight
- Polariseur sur la source lumineuse et sur l'optique
- Elimination progressive des reflets en tournant le polariseur à 90°
- Sur des matériaux polarisants observés, la polarisation est changée. Des lignes de tension sont visibles



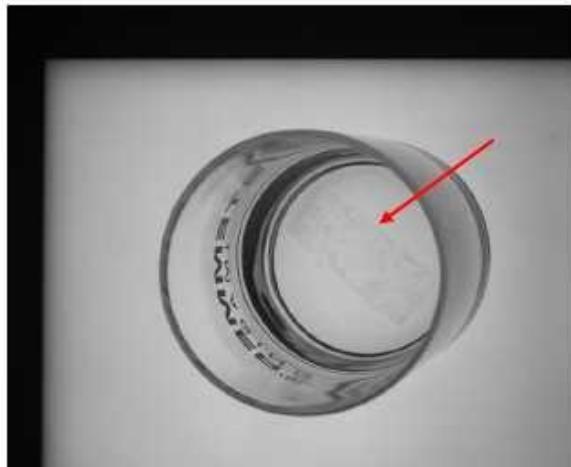
# **. FILTRAGE OPTIQUE**

## **IR-couleur-polarisant**

### **POLARISATION ET RETROECLAIRAGE**

#### **Exemples**

- Détection de film adhésif sur du verre
- Forts effets de polarisation



Sans polarisation



Polarisation objectif + source lumineuse