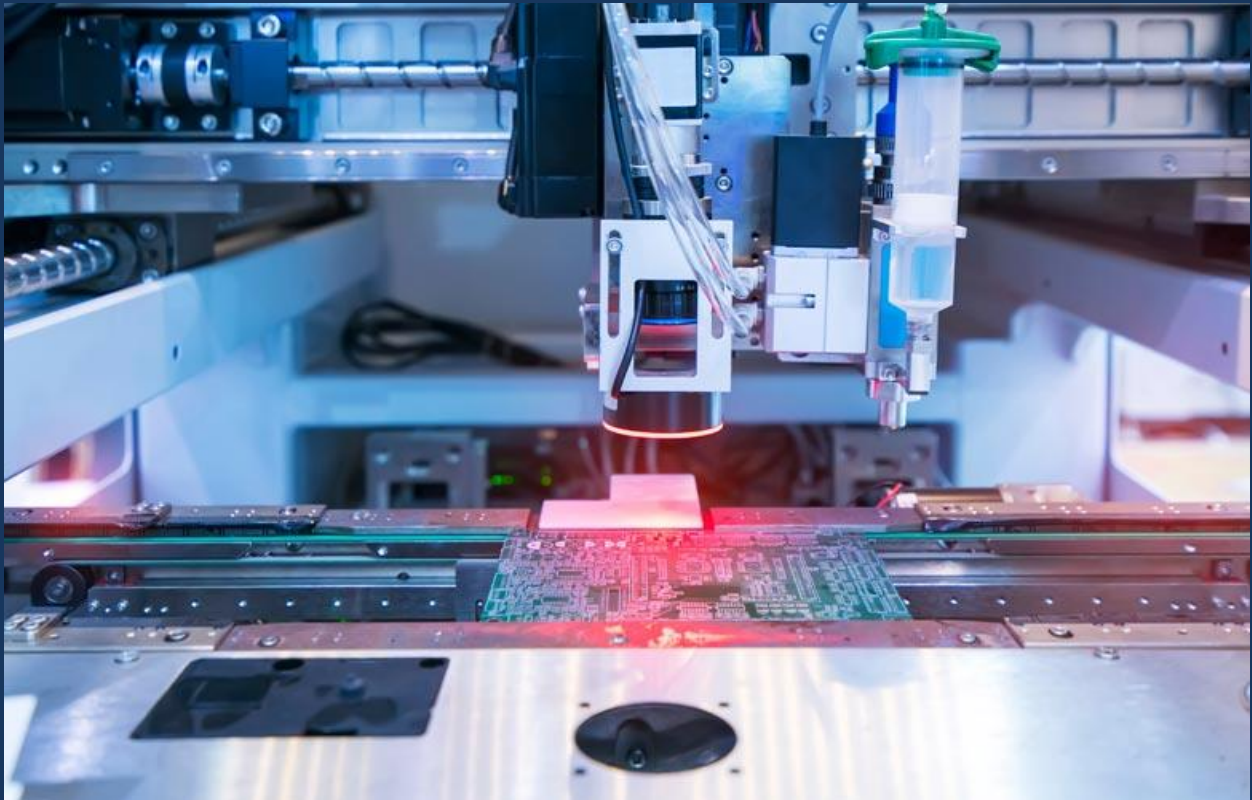


Spécialité
Automatique et Informatique Industrielle

Cours
IMAGERIE ET VISION INDUSTRIELLE

Chapitre 10
**Techniques D 'Éclairage Des Systèmes De
Vision Industrielle**



TECHNIQUES D ' ÉCLAIRAGE DES SYSTEMES DE VISION INDUSTRIELLE

Contenu de ce chapitre

I. Techniques d'Éclairage

- Introduction
- Éclairage arrière (Backlight Illumination)
- Éclairage diffus axial (Diffuse coaxial Lighting)
- Lumière structurée (Structured Light)
- Éclairage à fond noir (Dark Field Lighting)
- Éclairage à fond clair (Bright Field Lighting)
- Éclairage à dôme diffus (Diffuse Dome Lighting)
- Méthode de conception de l'éclairage en vision industrielle
- Lignes directrices pour l'application de l'éclairage
- Sommaire

II. DIFFÉRENTS TYPES DE SYSTÈMES DE VISION MACHINE

- Systèmes De Vision 1D
- Systèmes De Vision 2D
- Systèmes De Vision 3D

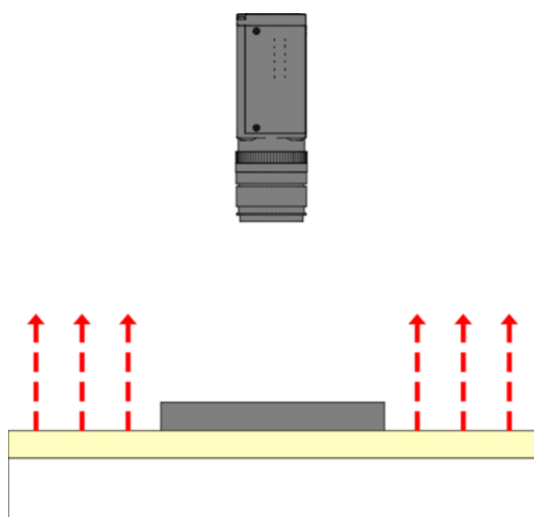
I. TECHNIQUES D'ÉCLAIRAGE

• Introduction

L'éclairage est l'une des clés du succès des résultats de la vision industrielle. Les systèmes de vision industrielle créent des images en analysant la lumière réfléchie d'un objet, et non en analysant l'objet lui-même. Une technique d'éclairage implique une source lumineuse et son placement par rapport à la pièce ou l'objet et la caméra. Une technique d'éclairage particulière peut améliorer une image par l'élimination de certains attributs et accentuer d'autres, en découpant une partie qui obscurcit des détails de surface pour permettre la mesure de ses bords, par exemple. On distingue plusieurs types d'éclairage adaptés aux différentes applications de la vision industrielle

• Éclairage arrière (Backlight Illumination)

Le rétro-éclairage améliore le contour d'un objet pour les applications qui ne nécessitent que des bords externes ou des mesures. Le rétro-éclairage permet de détecter les formes et d'effectuer des mesures dimensionnelles plus fiables



Détection de niveau du liquide dans une bouteille

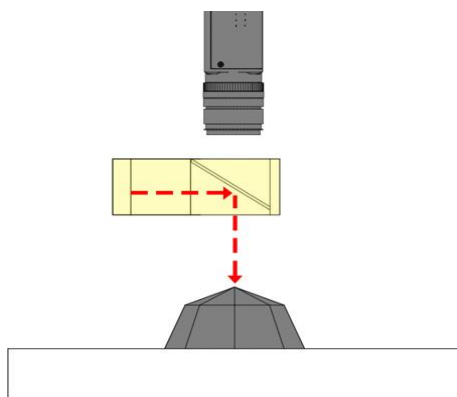


Eclairage normal

Eclairage arrière

- **Éclairage diffus axial (Diffuse coaxial Lighting)**

Un éclairage diffus axial permet de coupler la lumière dans le chemin optique depuis le côté (coaxialement). Un miroir semi-transparent éclairé latéralement, éclaire la pièce vers le bas. La partie réfléchit la lumière vers la caméra à travers le miroir semi-transparent résultant en une image très uniformément éclairée et homogène.



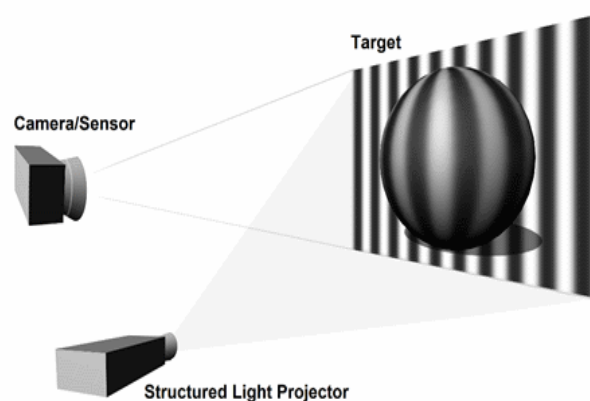
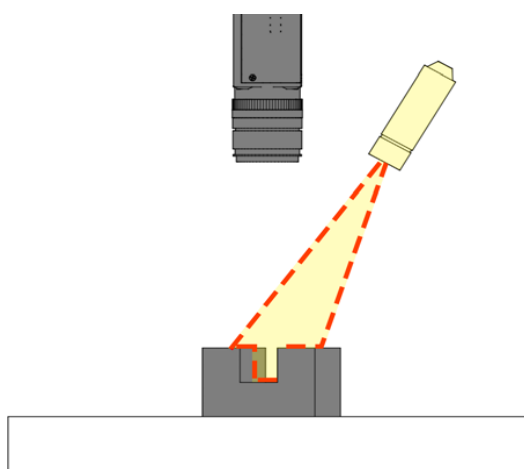
A battery with shallow dents under standard coaxial illumination



The same battery as imaged under collimated illumination

- **Lumière structurée (Structured Light)**

La lumière structurée est la projection d'un motif lumineux (plan, grille ou forme plus complexe) à un angle connu sur un objet. Il peut être très utile pour fournir des inspections de surface indépendamment du contraste, acquisition d'informations dimensionnelles et calcul du volume.



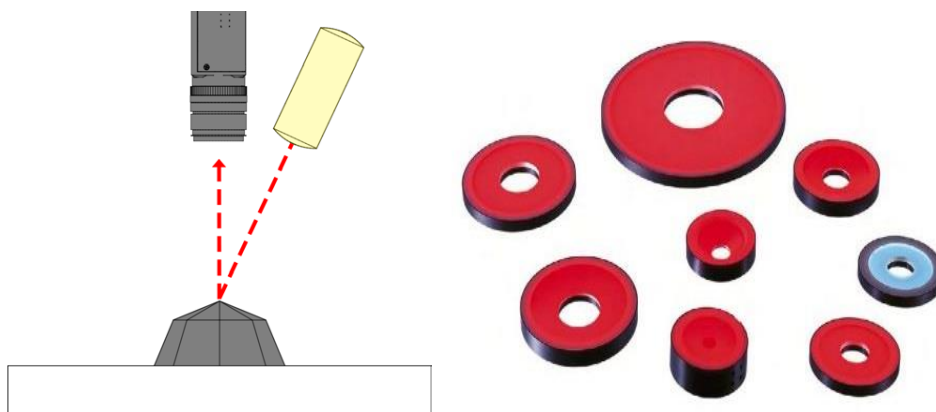
- **Éclairage à fond noir (Dark Field Lighting)**

L'éclairage directionnel révèle plus facilement les défauts de surface et comprend l'éclairage à fond noir et l'éclairage à fond clair. L'éclairage à fond noir est généralement préféré pour les applications à faible contraste. Dans un éclairage sur fond sombre, la lumière spéculaire est réfléchie loin de la caméra et la lumière diffuse par les textures de surface et les variations d'élévation sont reflétées vers la caméra.



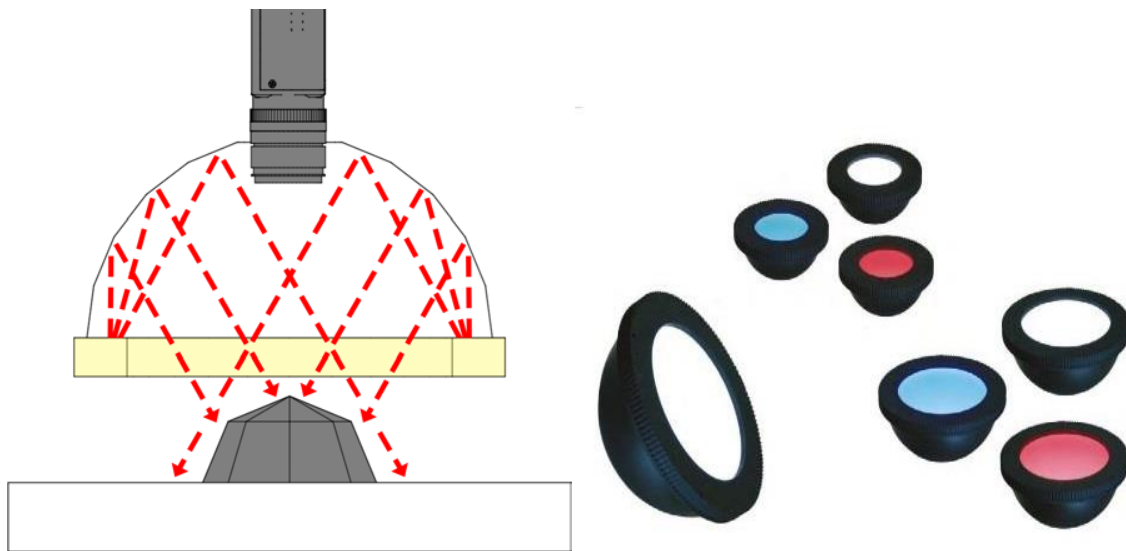
- **Éclairage à fond clair (Bright Field Lighting)**

L'éclairage à fond clair est idéal pour les applications à contraste élevé. Cependant, des sources lumineuses très directionnelles telles que les lampes halogènes à quartz et au sodium à haute pression produisent des ombres nettes et ne fournissent généralement pas un éclairage uniforme sur tout le champ de vision. Par conséquent, les points chauds et les reflets spéculaires sur des surfaces brillantes ou réfléchissantes nécessitent une source de lumière plus diffuse pour fournir un éclairage uniforme dans le fond clair.

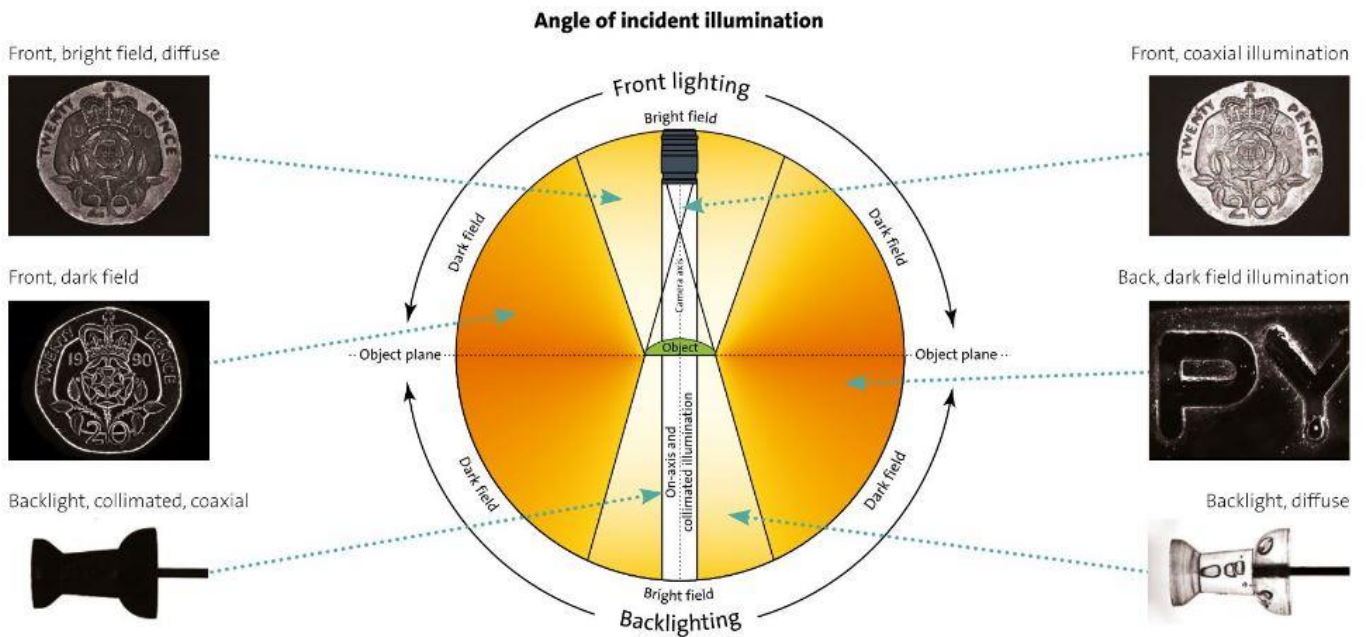


• **Éclairage à dôme diffus (Diffuse Dome Lighting)**

L'éclairage à dôme diffus donne l'illumination la plus uniforme des éléments d'intérêt et peut masquer les irrégularités qui sont indésirables et qui peuvent être source de confusion pendant l'analyse de la scène.



Les 6 types d'éclairage de base en résumé :



➤ Exemples d'images éclairées



Code à barres : Impression sur un emballage sous cellophane

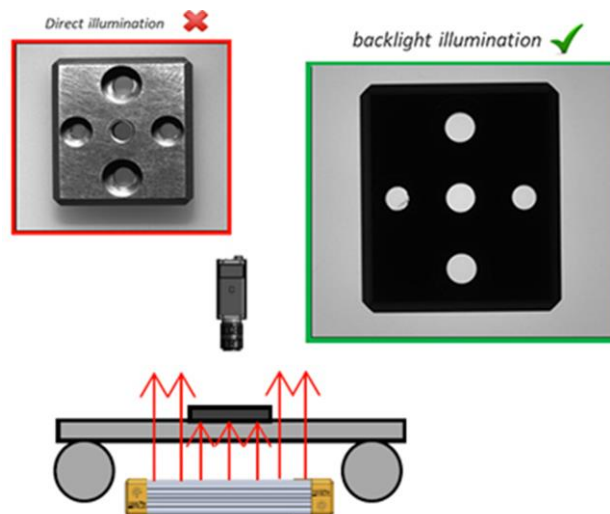


Pièce métallique encastrée

Code de date estampillé : Surface réfléchissante, texturée, plate ou incurvée



Flash lumineux brillant



Eclairage directe (encadré en rouge) et Rétro-éclairage (encadré en vert)

- **Méthode de conception de l'éclairage en vision industrielle**

Le choix du type d'éclairage à adopter dans une application de vision industrielle est une étape très importante à bien mener afin de réduire au maximum la complexité des algorithmes de traitement et d'analyse d'images à utiliser et par conséquent réduire les erreurs de mesure et d'interprétation qui en découle. Un algorithme simple et fiable dans un environnement bien éclairé est fortement préféré à un algorithme complexe dans un environnement mal éclairé pour une même application industrielle. La conception et le choix du système d'éclairage est basé sur la réponse aux questions suivantes, à savoir comment :

1. Déterminer les caractéristiques et attribus exactes d'intérêt
2. Analyser l'accès / la présentation des pièces
 - Clair ou obstrué, en mouvement / stationnaire
 - Angle de vision min / max, la profondeur du champ de vision, etc.
3. Analyser les caractéristiques de surface
 - Texture
 - Réflectivité / spécularité
 - Contraste effectif - Objet vs arrière-plan
 - Surface plane, incurvée, combinaison
4. Comprendre les types d'éclairage et les techniques d'application
 - Anneaux, dômes, barres, spots, contrôleurs, etc.
 - Champ clair, diffus, champ sombre, rétro-éclairage
5. Déterminer les paramètres clés
 - Géométrie, structure, couleur et filtres, relations spatiales 3D
6. Éliminer les effets de la lumière ambiante / les problèmes environnementaux

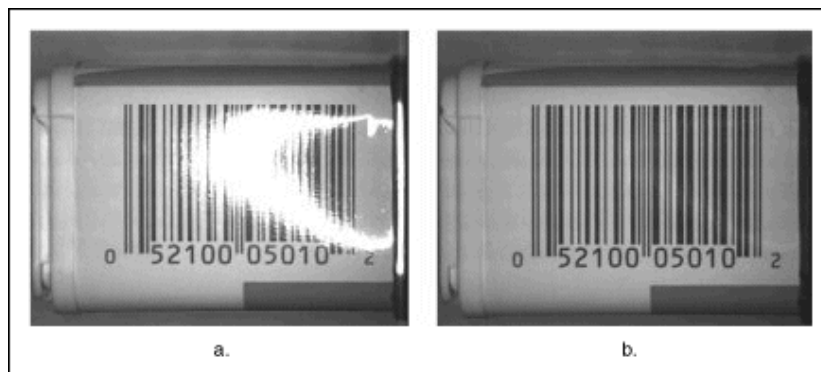
- **Lignes directrices pour l'application de l'éclairage**

- 1- La coordination de l'éclairage et de l'appareillage optique est essentielle - lorsqu'ils sont correctement sélectionnés, ils constituent la base du système de vision.
- 2- Développer la solution d'éclairage dès le début du processus de conception du système de vision - d'abord sur le banc, si nécessaire.
- 3- Éclairage dédié = Contrôle de l'environnement d'éclairage.
- 4- Développer un éclairage adapté aux caractéristiques des objets.
- 5- Appliquer les techniques pour améliorer le contraste des attributs.
- 6- être conscient de la lumière ambiante et bloquer-la.
- 7- Considérer que la lumière PEUT interagir différemment par rapport à la texture de la surface, la couleur, la composition et la longueur d'onde incidente.
- 8- Rendre la solution d'éclairage adoptée robuste **ET** reproductible.
- 9- Comprendre l'environnement d'inspection en respectant les contraintes physiques, les caractéristiques des objets et les aspects ergonomiques / de sécurité

- ❖ **Problèmes fondamentaux**

Problèmes d'éclairage : La lumière ambiante, les changements de la lumière solaire, les changements saisonniers ne doivent pas compromettre l'analyse et le traitement des images.

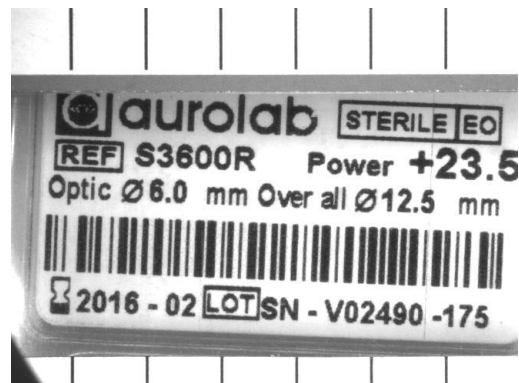
- Un bon éclairage conduit à un temps de traitement plus rapide.



- Le rétroéclairage crée des contrastes nets qui rendent l'inspection de profil, la recherche de bords et la mesure de distances rapides et faciles.



- Lumière normale vs lumière du dôme



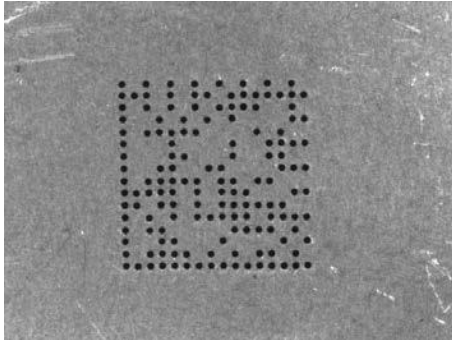
- Lumière axiale vs lumière normale



Champ clair

contre

champ sombre



Lumière de champ sombre : Mettre l'accent sur les changements de hauteur

- Les surfaces diffuses sont lumineuses
- Les surfaces plates polies sont sombres
- La forme et le contour sont améliorés

• Sources d'éclairage

Parmi les sources de lumière en vision industrielle on peut citer **les lampes halogènes**. Ceux-ci sont bons pour les applications où un éclairage très lumineux est requis - de nombreux nouveaux phares d'automobiles sont des halogènes - mais ils sont limités par le fait qu'ils ne peuvent pas être stroboscopiques, ils ont tendance à fonctionner très chauds et ils perdent de l'intensité avec le temps. Si ce type de lumière doit être utilisé pour une application d'inspection, il serait avantageux de l'exécuter à 80% de sa puissance maximale pour prolonger sa durée de vie, en maintenant la tension d'alimentation constante pour éviter les changements de couleur et en utilisant des fibres optiques pour permettre le montage de la lampe à distance si l'application est sensible à la chaleur halogène produite.



Les Lampes Halogènes

Les lumières incandescentes sont une autre source possible. Ces ampoules sont peu coûteuses et facilement disponibles, mais elles ne peuvent pas être stroboscopiques, elles génèrent de la chaleur et perdent légèrement de leur intensité avec le temps.



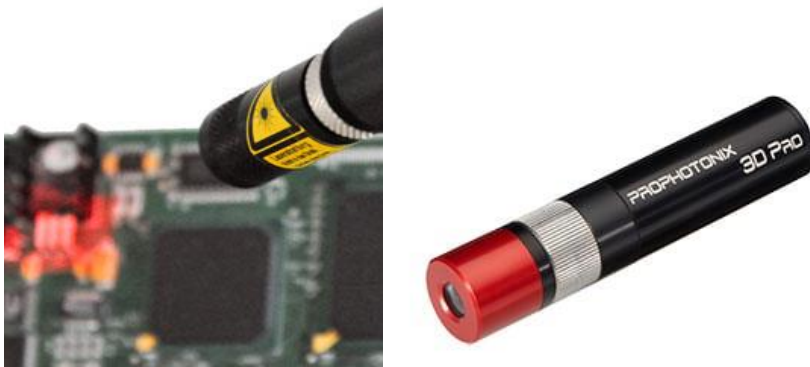
Lampes à Incandescence

Les sources d'éclairage fluorescent sont relativement peu coûteuses. Ils sont disponibles dans de nombreuses formes et tailles et fournissent une lumière diffuse, minimisant l'éblouissement. Les facteurs limitants ici sont qu'ils ne peuvent pas être stroboscopiques, ils se dégradent avec le temps et il est difficile de les atténuer. Les lampes fluorescentes scintillent également en raison de la fréquence de la source d'alimentation à courant alternatif, ce qui peut affecter la qualité d'image des applications d'inspection visuelle. L'utilisation de ballasts à haute fréquence peut aider à réduire la quantité de scintillement, mais ne peut pas l'éliminer complètement.



Les Lampes Fluorescentes

Les lasers sont des sources de lumière très collimatées qui ont une intensité élevée, ce qui leur permet d'être montés à distance de l'objet inspecté. Un type spécial de laser, appelé laser à diode, peut être stroboscopique. Les lasers sont souvent utilisés pour effectuer des mesures de distance, parfois en trois dimensions, mais peuvent ne pas être capables de grandes précisions. Les lasers sont traditionnellement très chers et nécessitent des précautions de sécurité particulières car ils présentent des risques potentiels pour la sécurité. La fibre optique peut fournir une option plus sûre pour fournir une lumière collimatée si l'application le requiert.



Les Lasers source de Lumière Cohérente

De nombreux systèmes stroboscopiques plus anciens utilisent **des lampes au xénon**. Le xénon est idéal pour le stroboscope car il est capable de donner une intensité très élevée sur une courte période de temps, créant ainsi l'impression d'un mouvement arrêté. Mais l'intensité des stroboscopes au xénon diminue avec le temps et ils sont rarement utilisés aujourd'hui.



Les Lampes au Xénon

Une meilleure alternative consiste à utiliser **des diodes électroluminescentes, Les LED**. Ces sources sont aujourd'hui les plus courantes pour les applications de vision industrielle. Ils durent très longtemps, plus de 10 000 heures, et ils peuvent être stroboscopiques ou laissés allumés en continu sans problème de chaleur. Les LED sont également très sûres à utiliser, elles sont efficaces et vous pouvez les générer dans pratiquement n'importe quelle couleur ou longueur d'onde spécifique. Alors que les premières LED avaient une intensité limitée, les LED modernes peuvent être très lumineuses (considérez combien de nouvelles voitures les utilisent pour l'éclairage extérieur).



Les LED sources de Lumière compactes puissantes économiques et robustes

Le tableau suivant compare les différentes alternatives de sources lumineuses quant à leur pertinence pour différentes applications:

Type	Stroboscopie	Coût	Intensité	Durée de Vie	Chaleur
Halogène	Faible	Acceptable	Bonne	Faible	Faible
Incandescente	Faible	Bonne	Acceptable	Faible	Faible
Fluorescente	Faible	Bonne	Faible	Acceptable	Acceptable
Laser	Bonne	Faible	Bonne	Bonne	Bonne
Xénon	Bonne	Faible	Bonne	Faible	Faible
LED	Bonne	Acceptable	Bonne	Bonne	Bonne

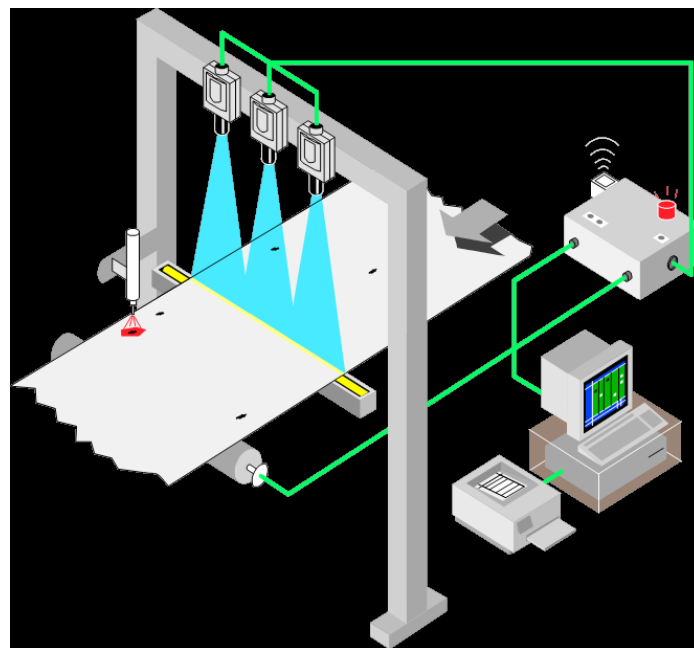
- **Sommaire**

Il existe de nombreuses options d'éclairage disponibles et de nombreuses façons différentes de construire et d'orienter le système de vision. Choisir le bon éclairage peut faire une différence significative dans la productivité de sa machine. La première chose à faire lors de la planification d'un nouveau système d'inspection automatisé est de comprendre la pièce à inspecter- ce qui doit être appris en l'inspectant, sa finition de surface, sa couleur, etc. Il est également essentiel de comprendre l'environnement de la production. Ensuite, passez en revue les avantages et les inconvénients de diverses sources de lumière. Après avoir sélectionné le bon éclairage, la prochaine décision est de positionner la source lumineuse pour une efficacité maximale. La combinaison de la source d'éclairage et de la façon dont elle est placée par rapport à la pièce et à la caméra peut annuler ou accentuer les fonctionnalités selon les besoins afin de garantir que de bonnes images cohérentes sont produites pour répondre aux exigences d'inspection de l'application.

II. DIFFÉRENTS TYPES DE SYSTÈMES DE VISION MACHINE

• SYSTÈMES DE VISION 1D

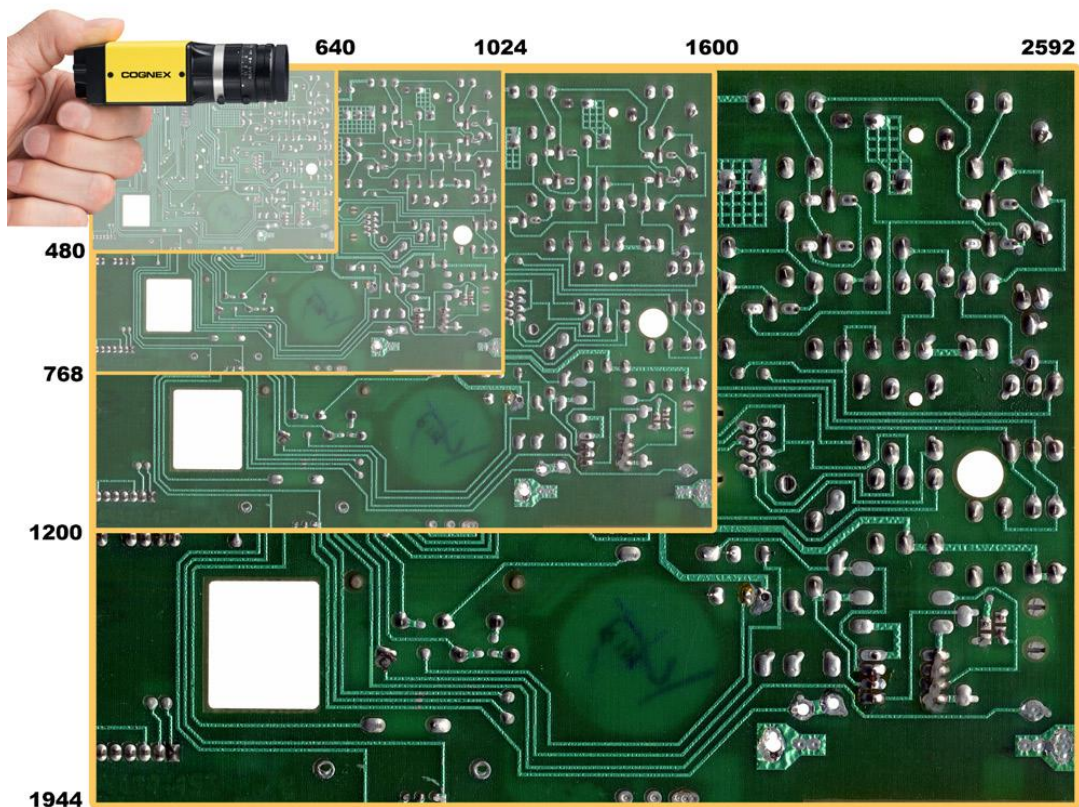
La vision 1D analyse un signal numérique ligne par ligne au lieu de regarder une image entière en même temps, comme l'évaluation de l'écart entre le plus récent groupe de dix lignes acquises et un groupe précédent. Cette technique détecte et classe généralement les défauts sur des matériaux fabriqués selon un processus continu, tels que le papier, les métaux, les plastiques et autres produits en feuilles ou en rouleaux non tissés, comme illustré sur la figure suivante.



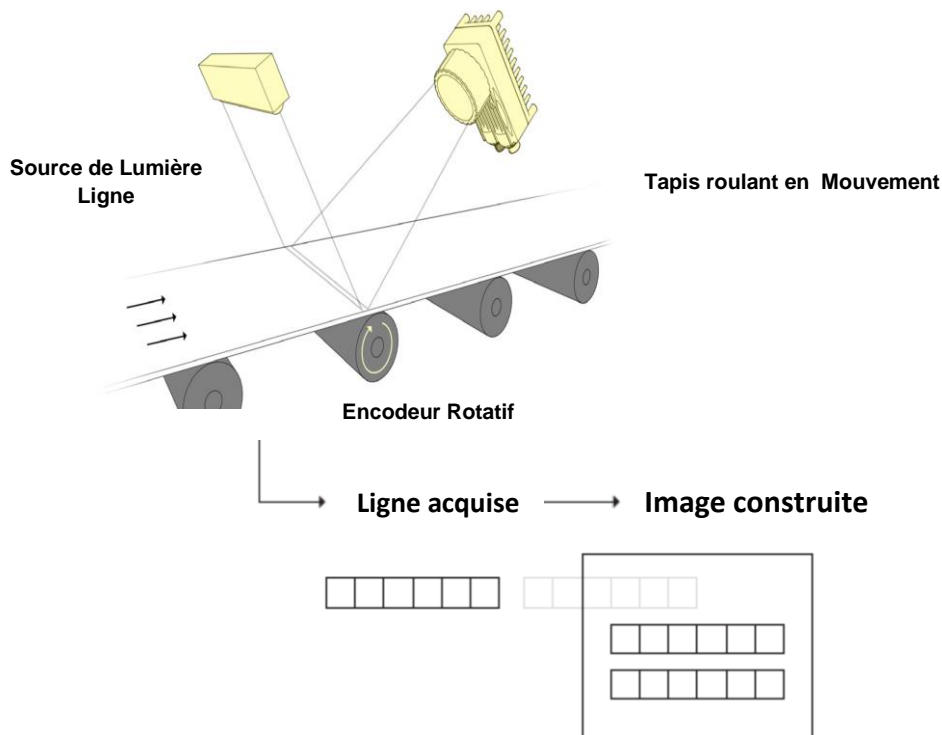
Les systèmes de vision 1D scannent une ligne à la fois pendant que le processus se déplace. Dans l'exemple ci-dessus, un défaut dans la feuille est détecté.

- **SYSTEMES DE VISION 2D**

Les caméras d'inspection les plus courantes effectuent des balayages de zone qui impliquent la capture d'instantanés 2D dans différentes résolutions, comme le montre la figure ci-dessous. Un autre – construit une image 2D ligne par ligne, comme le montre la figure suivante.



Les systèmes de vision 2D peuvent produire des images à différentes résolutions

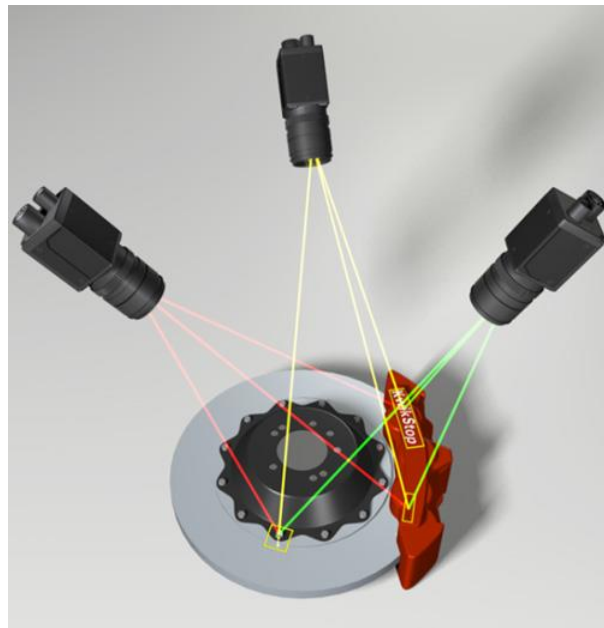


Machine 2D vision – scan ligne

Les techniques de balayage de ligne créent l'image 2D ligne par ligne à la fois.

- **SYSTÈMES DE VISION 3D**

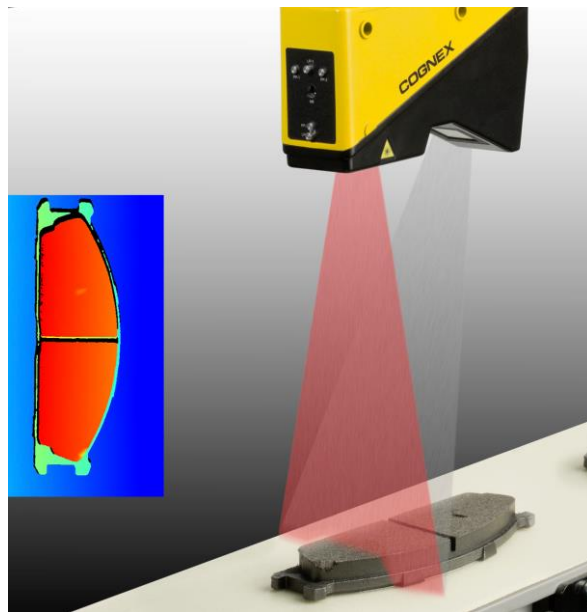
Les systèmes de vision industrielle 3D comprennent généralement plusieurs caméras ou un ou plusieurs capteurs de déplacement à lasers. La vision 3D multi-caméras dans les applications de guidage robotisé fournit le robot avec les informations d'orientation des pièces. Ces systèmes impliquent plusieurs caméras montées à différents endroits et une procédure de triangulation par rapport à une position objective dans l'espace 3D.



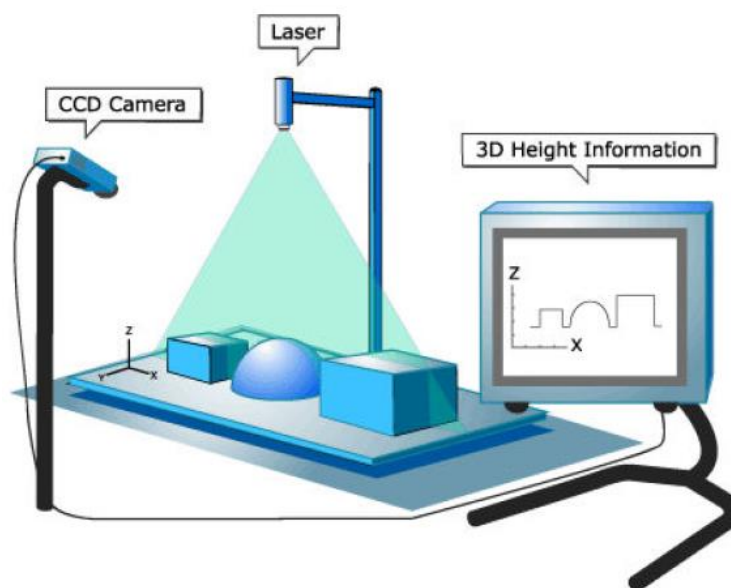
Les systèmes de vision 3D utilisent généralement plusieurs caméras.

En revanche, les applications de capteurs de déplacement laser 3D incluent généralement l'inspection des surfaces et les mesures de volume, produisant des résultats 3D avec une seule caméra. Une carte des hauteurs est générée à partir du déplacement des positions des lasers réfléchis sur un objet. L'objet ou la caméra doit être déplacé pour numériser l'ensemble de la pièce similaire au balayage linéaire. Avec un laser à offset calibré, les capteurs de déplacement peuvent mesurer des paramètres tels que la hauteur de surface et la planarité avec une précision de 20 μm .

La figure ci-dessous montre un capteur de déplacement laser 3D inspectant les surfaces des plaquettes de frein pour défauts.



Système d'inspection 3D utilisant une seule caméra.



Système de Vision 3D en Action