

Nicolas Vandembroucke

Vision industrielle et traitement d'images

Introduction à la vision industrielle



nicolas.vandembroucke@univ-littoral.fr

<https://www-lisic.univ-littoral.fr/~nvandembroucke/>

Introduction

- Objectifs
 - Concevoir un cahier des charges pour une application vision et intégrer cette application en choisissant les composants et les outils de traitement adéquats
 - Découvrir les fondements du traitement d'images pour la vision industrielle

Introduction

- Pré-requis
 - Algorithmique et programmation (INF312 ou équivalent)
 - Automatique continue (AUT322 ou équivalent)
 - Electronique analogique (ELE311 ou équivalent)
 - Capteurs (ELE312 ou équivalent)
 - Connaissances de Matlab (MTH311 ou équivalent)
 - Signal et image (AUT421 ou équivalent)
 - Notions de physiques (ondes, lumières, photométrie, optique)

Introduction

- Organisation
 - 18 heures de Cours
 - ◆ 14 heures de cours avec exercices
 - ◆ 4 heures d'exercices sur machine en demi-groupe : *Traitement d'images sous Matlab*
 - 9 heures de TP (3 séances de 3 heures)
 - ◆ Localisation et tri d'objets pour la robotique
 - 1 examen (2 heures)

Introduction

- Résultats d'apprentissage
 - Comprendre le rôle et l'intérêt d'un système de vision dans les applications de robotique et de contrôle qualité industriel.
 - Découvrir les différentes techniques d'éclairage, les différents types de caméras et leur domaine d'utilisation.
 - Connaître la chaîne d'acquisition et de traitement des images.

Introduction

- Résultats d'apprentissage
 - Découvrir les bases du traitement d'images en appliquant les techniques de traitement du signal aux signaux bidimensionnels.
 - Établir le lien avec les outils de traitement d'images classiques utilisés en vision industrielle.
 - Programmer un module d'Entrées / Sorties

Introduction

- Références

- Revues

- ◆ Techniques de l'ingénieur
- ◆ Mesures
- ◆ J'automatise
- ◆ Photoniques

- Organisations

- ◆ AIA : <http://www.machinevisiononline.org/>
- ◆ EMVA : <http://www.emva.org/>
- ◆ VDMA : <http://www.vdma.org/>
- ◆ UKIVA : <http://www.ukiva.org/>
- ◆ Portail Vision : <http://visionindustrielle.free.fr/>

Introduction

- Références bibliographiques en vision industrielle
 - C. Demant, B. Streicher-Abel, C. Garnica, *Industrial Image Processing - Visual Quality Control in Manufacturing*, 2nd edition, Springer, 2013
 - A. Hornberg, *Handbook of machine vision*, Wiley, VCH-Verlag, Weinheim, 2006
 - C. Steger, M. Ulrich, C. Wiedemann, *Machine Vision Algorithms and Applications*, Wiley, VCH-Verlag, Weinheim 2008
 - N. Vandenbroucke, *Système de vision industrielle*, Techniques de l'ingénieur, S7799, 2015

Introduction

- Références bibliographiques en traitement d'images
 - J.-P. Cocquerez, S. Philipp, *Analyse d'images : filtrage et segmentation*, Masson, 1995.
 - A. Trémeau, C. Fernandez-Maloigne, *Image numérique couleur - de l'acquisition au traitement*, Dunod, 2004.
 - R. Horaud, O. Monga, *Vision par ordinateur – outils fondamentaux*, Hermes, 1995.
 - J.-M. Jolion, *Les systèmes de vision*, Hermes Science publications, 2001.
 - G. Burel, *Introduction au traitement d'images – simulation sous Matlab*, Hermes Science publications, 2001.

Introduction

- Références bibliographiques en traitement d'images
 - J.-J. Toumazet, *Traitement de l'image par l'exemple*, Sybex, 1990.
 - M. Kunt, *Traitement numérique des images*, Presses polytechniques et universitaires romandes, 1993.
 - D. Lingrand, *Introduction au traitement d'images*, Vuibert, 2004.
 - S. Brès, J.-M. Jolion, F. Lebourgeois, *Traitement et analyse des images numériques*, Lavoisier, 2003.
 - H. Maître, *Le traitement des images*, Hermes Science publications, 2003.

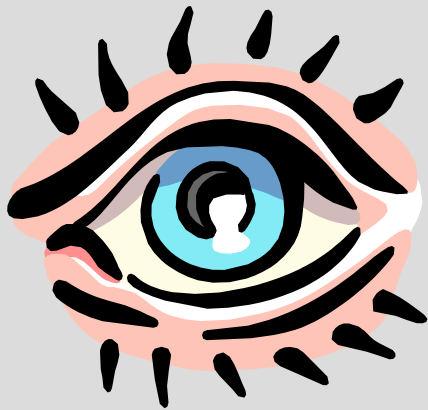
Introduction

- Plan du cours
 - Introduction à la vision industrielle (2h00)
 - Le dispositif d'éclairage (3h00)
 - Le dispositif de capture d'image (4h00)
 - Le dispositif optique (3h00)
 - Les outils de traitement d'images (2h00)

Introduction à la vision industrielle

- La vision industrielle
- Le marché
- Les applications
- Système de vision

La vision industrielle

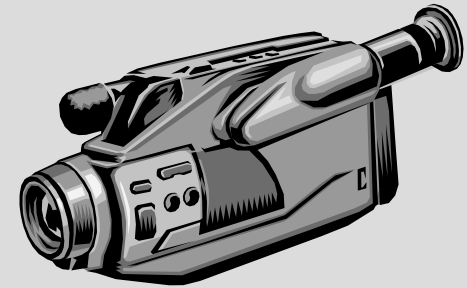


Contrôle qualité par vision humaine :

fastidieux, fatigant,
peu rapide, peu
robuste, peu précis,
dangereux, impossible

Pourquoi
?

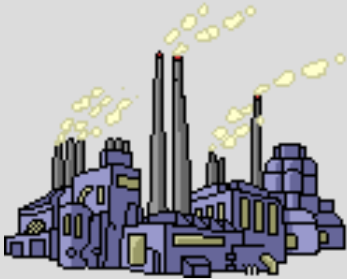
Remplacer
l'observateur humain
par une machine
ayant la capacité de
voir afin
d'**automatiser** les
tâches de contrôle



Contrôle qualité par vision industrielle :

performance, fiabilité,
qualité, traçabilité,
sécurité

La vision industrielle



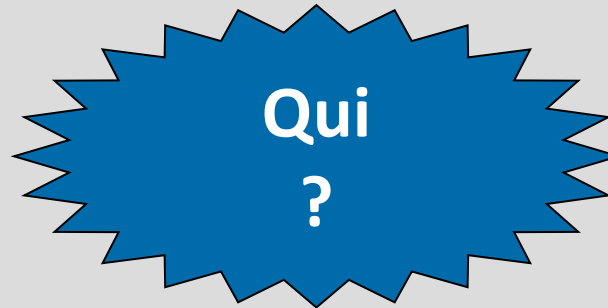
Industrie :

inspection, contrôle qualité, tri automatique, pilotage de robots, surveillance, sécurité...



Médecine :

aide au diagnostique, chirurgie assistée par ordinateur, suivi médical...

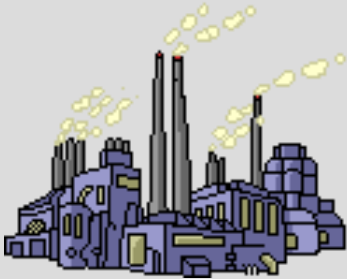


Transport :

radar automatique, suivi de véhicules, détection d'obstacles, flux de personnes, surveillance...

Multimédia, militaire, spatial, environnement, communication, culture, sécurité, sport...

La vision industrielle



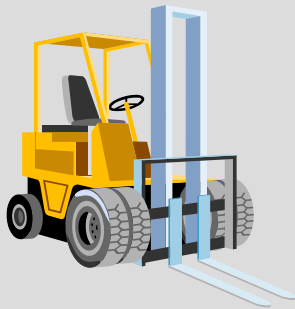
Qui
?

Différents secteurs industriels :

- électronique, électricité,
- automobile, équipementiers,
- mécanique, matériaux,
- pharmaceutique, cosmétique,
- agroalimentaire, emballage,
- plasturgie,
- transport,
- autres (verre, chimie, papier, carton, bois, textile).

La vision industrielle

Où et
quand ?



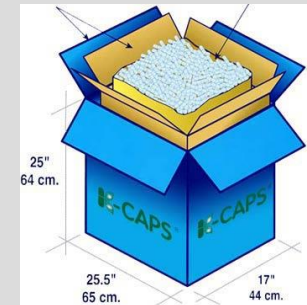
à la réception
des matières



en cours de
fabrication

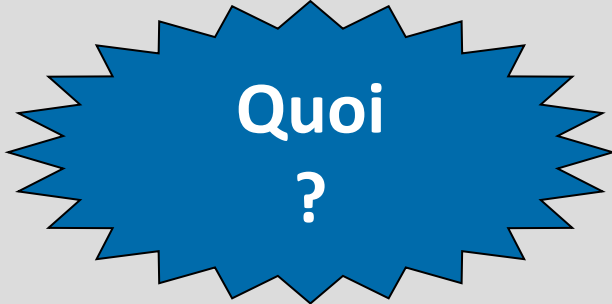


au contrôle
du produit fini



à
l'emballage

La vision industrielle

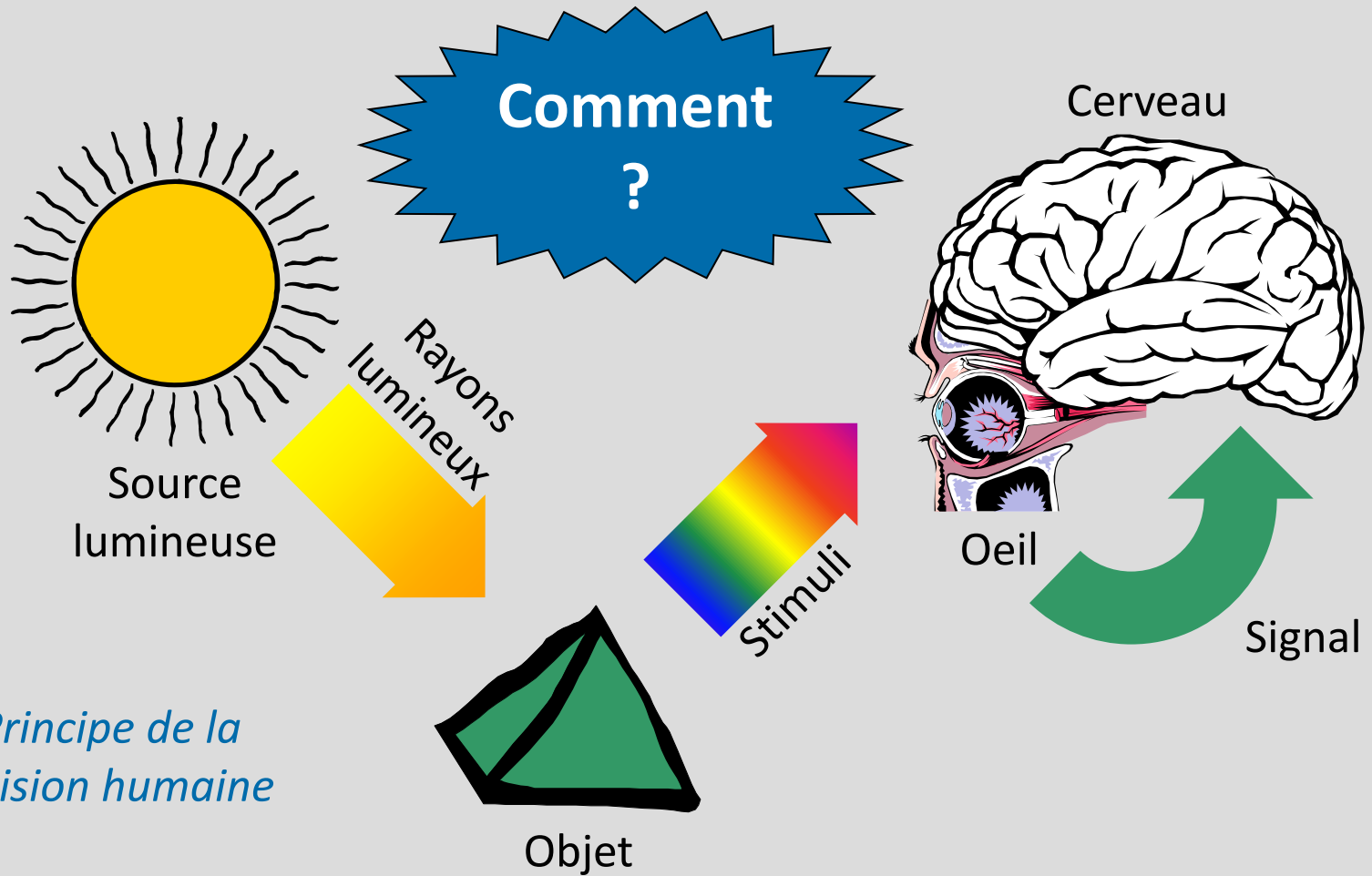


Quoi
?

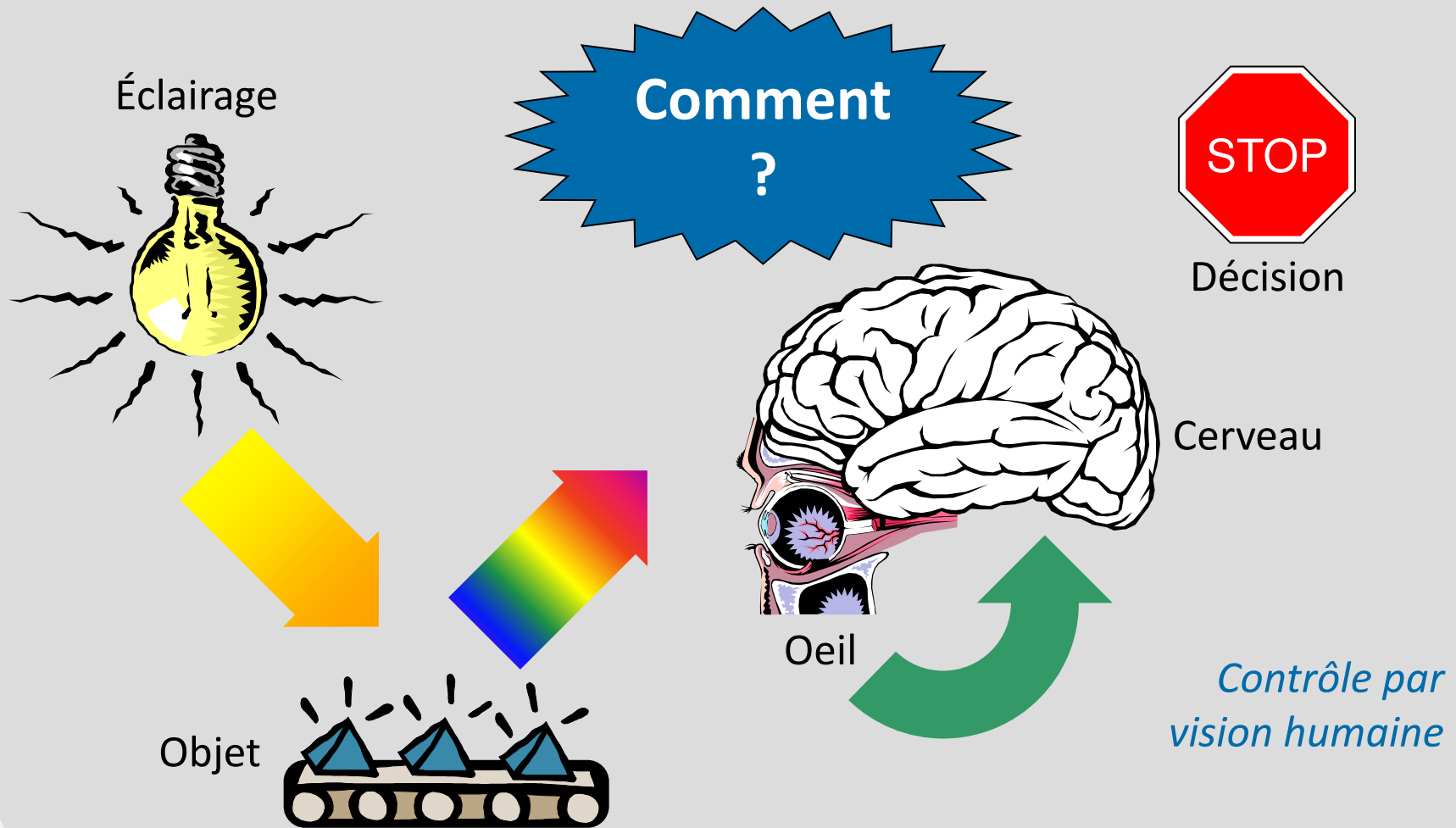
Avec **UN SEUL** capteur :

- contrôle de conformité d'assemblage (absence / présence / position),
- contrôle d'aspect (rayures, griffures, bosses, trous, couleur, texture),
- contrôle dimensionnel (longueur, largeur, diamètre, angle, géométrie),
- comptage et tri,
- détection, localisation ou suivi d'une trajectoire pour la robotique (pilotage de robots),
- identification (reconnaissance et vérification),
- surveillance et sécurité.

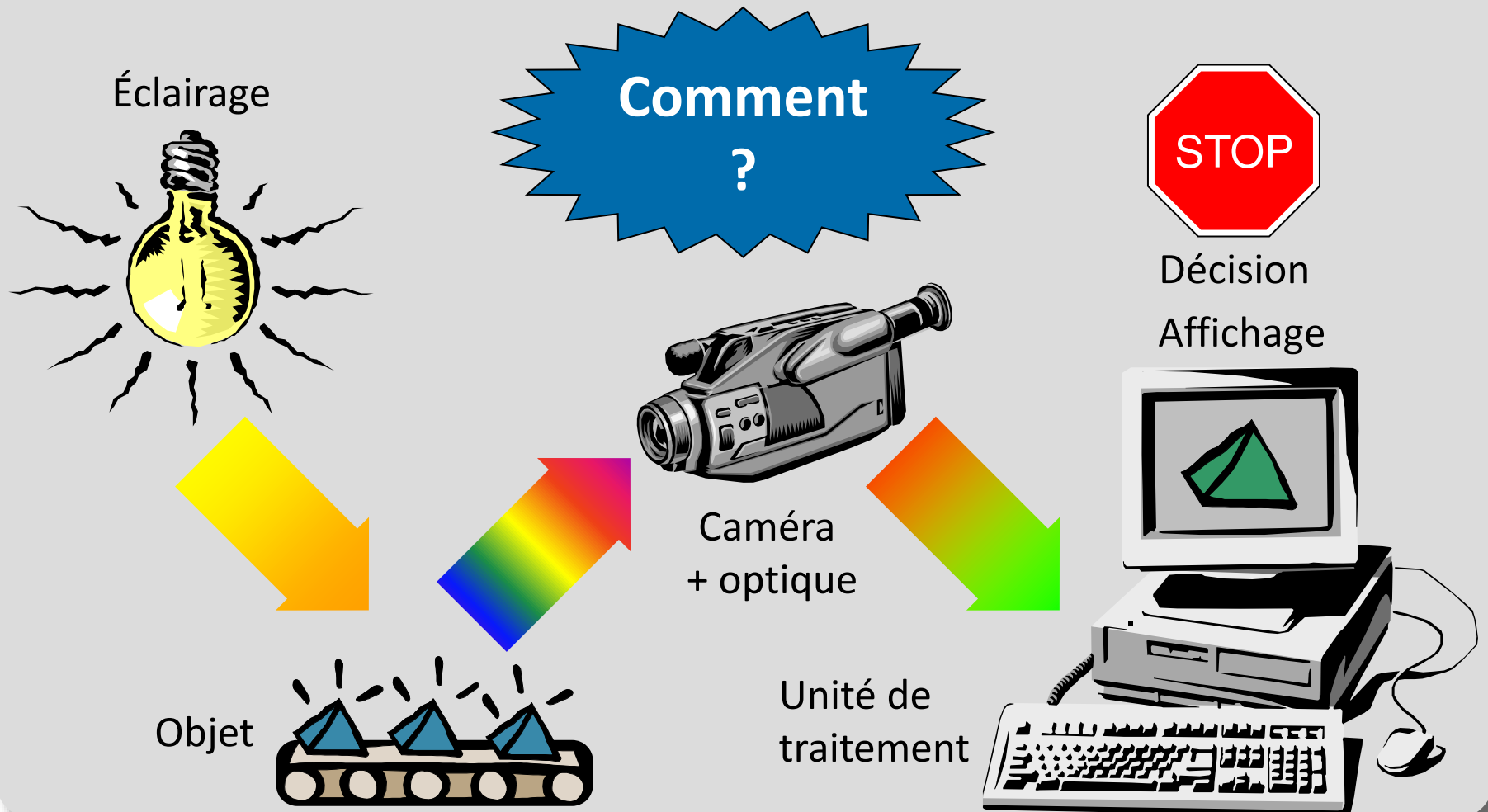
La vision industrielle



La vision industrielle



La vision industrielle



Les acteurs de la vision industrielle

- Les fournisseurs de composants
 - Ils fabriquent et/ou distribuent les éléments de base constitutifs d'un système de vision industrielle :
 - ◆ Caméras
 - ◆ Dispositifs optiques
 - ◆ Dispositifs d'éclairage
 - ◆ Cartes d'acquisition ou/et de traitement
 - ◆ Logiciels
 - ◆ Câbles
 - ◆ Mécanique associée



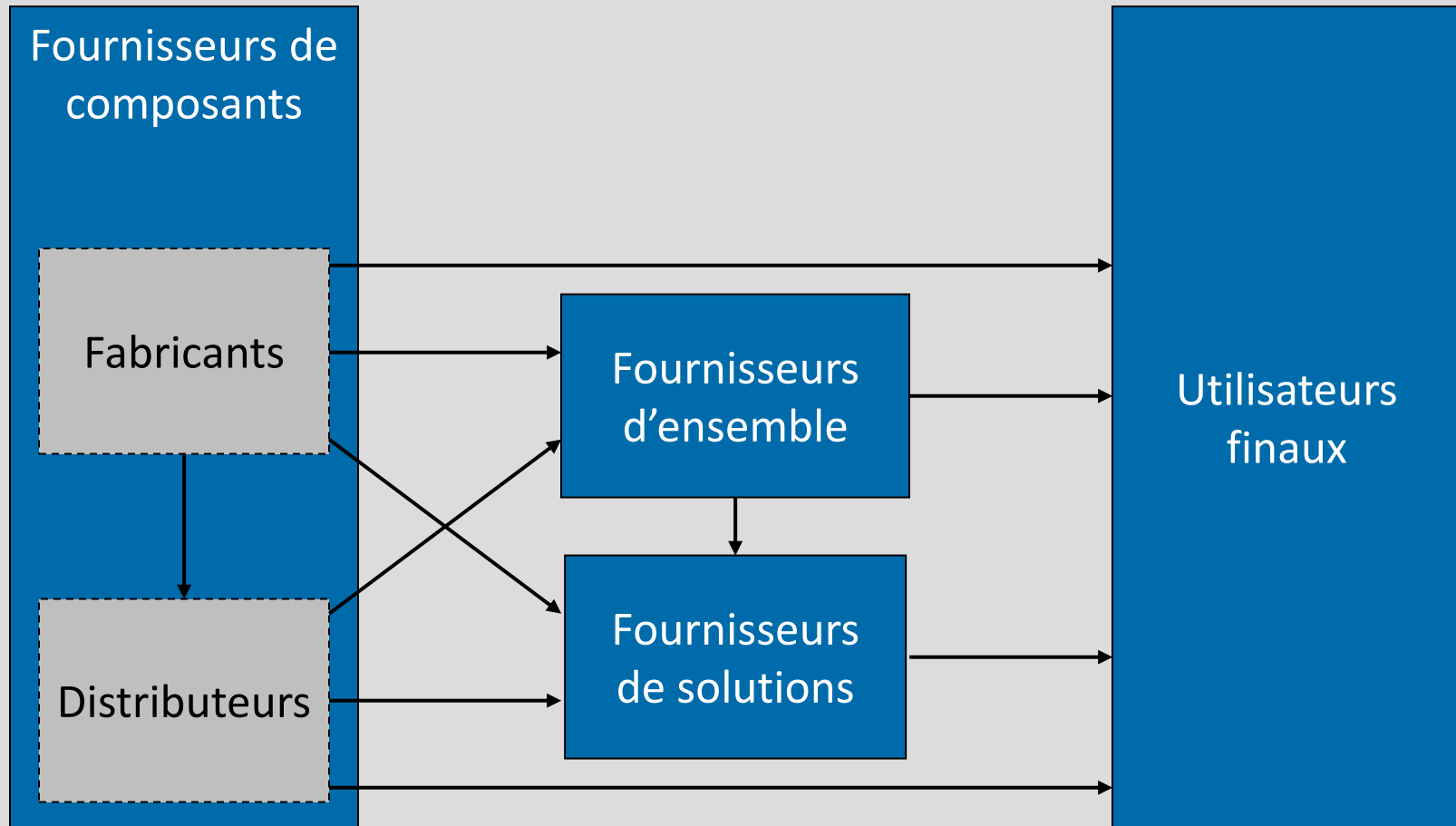
Les acteurs de la vision industrielle

- Les fournisseurs d'ensemble
 - Ils fabriquent des systèmes permettant d'être mise en œuvre facilement et rapidement. Ce sont des systèmes constitués d'éléments de base. On distingue :
 - ◆ Les systèmes complets (câble + carte + logiciel)
 - Programmables : plus complexe à mettre en œuvre mais plus ouvert
 - Paramétrables (configurables) : plus simple à mettre en œuvre mais plus limité
 - ◆ Les caméras intelligentes (capteurs de vision, *smart cameras*, systèmes *low cost*)
 - ◆ Les automates de vision

Les acteurs de la vision industrielle

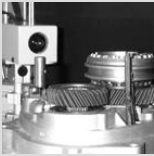
- Les fournisseurs de solutions
 - Ils vendent des **solutions vision** complètes pour une utilisation spécifique :
 - ◆ En intégrant un système de vision sur une ligne de production (*intégrateurs*)
 - ◆ En fabricant une machine de vision dédié à une tache spécifique

Les relations entre les différents acteurs



Automobile / équipementiers

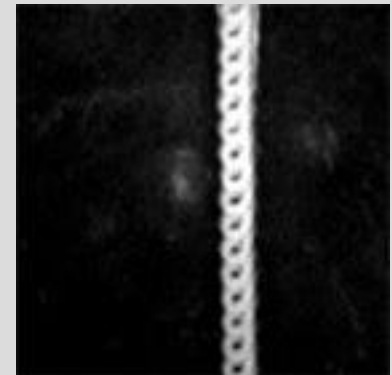
■ Exemples



- ◆ Contrôle de dépose de cordons (colle, étanchéité) et de joints
- ◆ Mesure de jeux et affleurements
- ◆ Montage d'ouvrants, de pare-brises, d'éléments d'habitacle, de roues
- ◆ Réglage de projecteurs
- ◆ Contrôle de conformité de lots de clés, d'assemblage de boîtes de vitesse, de pistons moteur, de panneaux de portes
- ◆ Identification de ressorts, cames, carters, vilebrequins, pignons
- ◆ Contrôle d'aspect de disques et plaquettes de freins, de chemises moteur, de cames, de moyeu

Automobile / équipementiers

- Contrôle de dépose de cordons de colles, d'étanchéité
 - ◆ Assemblage, soudage et collage de caisses
 - ◆ Contrôle de largeur et de la hauteur du cordon
 - ◆ Contrôle de position
 - ◆ Contrôle de la forme



Automobile / équipementiers

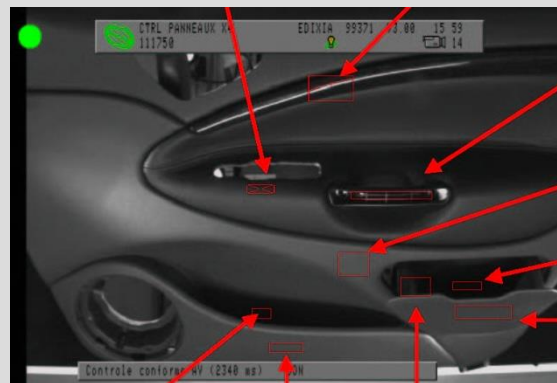
■ Contrôle de la conformité de panneaux de portes

- ◆ 50 contrôles en 1,5 seconde
- ◆ Temps de cycle de 25 secondes
- ◆ 150 références de portes
- ◆ 15 caméras dont deux couleurs
- ◆ Contrôle de présence
- ◆ Contrôle couleur
- ◆ Contrôle d'aspect
- ◆ Contrôle des motifs



Présence emplacement lève-vitre

Présence baguette

Présence poignée
Contrôle couleur

Couleur panneau

Présence vide-poche

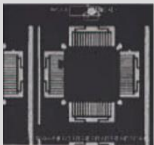
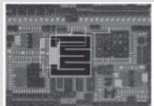
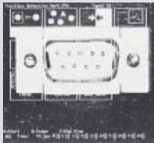
Couleur vide-poche

Présence vide-poche

Couleur vide-poche

Électricité / électronique / électrotechnique

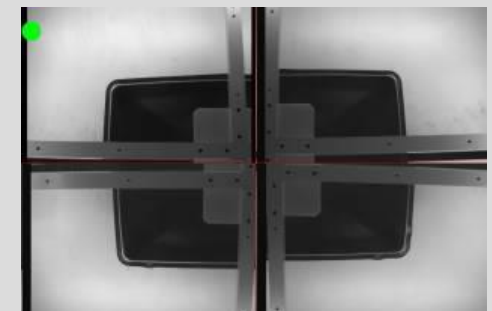
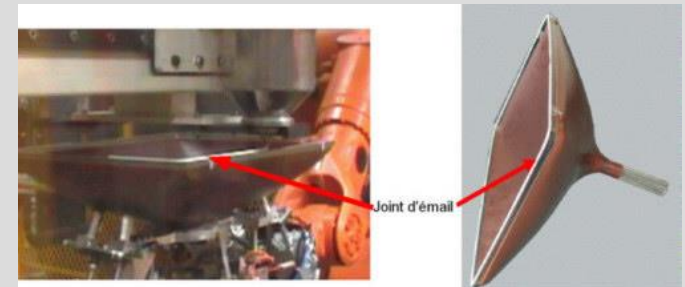
■ Exemples



- ◆ Contrôle de conformité de connecteurs (nombre, position, dimension, torsion des broches, distance entrefer), de composants, de cosses (taille, déformation), de bobinages, de soudures
- ◆ Contrôle des plaques électroniques (perçages, pistes)
- ◆ Vérification de la présence des composants, leur positionnement leur référence sur plaques électroniques
- ◆ Placement de composants sur plaques électroniques
- ◆ Analyse colorimétrique de LEDs, de résistances, de condensateurs
- ◆ Contrôle qualité de la face avant de téléphones portables ou de la présence des pièces sur base GSM (micro, SIM, haut parleur...)
- ◆ Réglage de géométrie et de convergence des images de téléviseurs
- ◆ Alignement et assemblage de plaquettes au silicium

Électricité / électronique / électrotechnique

- Positionnement de cônes de téléviseurs avant émaillage
 - ◆ Correction de la trajectoire du robot avant la dépose du joint d'émail sur les bords
 - ◆ Mesure des décalages de position du cône dans le préhenseur par rapport à la position nominale
 - ◆ 160 cônes/heure
 - ◆ 1 seconde de traitement
 - ◆ Temps de cycle de 22 s.
 - ◆ 6 références
 - ◆ 4 caméras
 - ◆ Précision de $\pm 2/10$ mm



Mécanique / matériaux / métallurgie

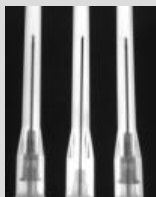
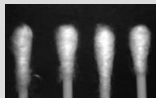
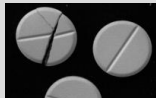
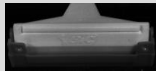
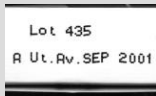
■ Exemples



- ◆ Comptage, vérification du nombre de billes dans un roulement, du nombre de dents sur un pignon
- ◆ Contrôle de forme de rivets
- ◆ Contrôle du diamètre, du pas, de la longueur de vis
- ◆ Contrôle d'angle, d'équerres
- ◆ Mesure de rectitude de tôles, d'acier, de cuivre, d'aluminium
- ◆ Détection de défauts sur tôles d'acier, de cuivre, d'aluminium (bruts, laminées, galvanisées ou peintes)
- ◆ Analyse d'allongement et de torsion des matériaux
- ◆ Contrôle d'aspects de surface de matières (défauts dus au procédés de fabrication, à la manipulation des pièces ou à leur usinage)

Pharmaceutique / cosmétique

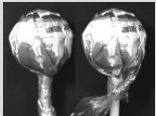
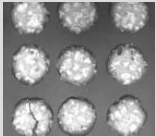
■ Exemples



- ◆ Vérification des étiquettes (présence, position, date limite de consommation, numéro de lots, posologie, qualité du logo), des emballages (scalpels, seringues) et des flacons (couleur et niveau de liquide, aspect, teinte et dimension des flacons, présence et position de bouchons, de vaporisateurs, de tubes plongeurs)
- ◆ Contrôle de présence, comptage et contrôle d'aspect (forme, taille, couleur, cassure) de gélules ou de comprimés
- ◆ Contrôle de présence d'éléments dans un emballage
- ◆ Contrôle d'assemblage (équipements médicaux, produits cosmétiques)
- ◆ Contrôle de forme et de dimension d'ampoules, de seringues, de coton-tiges

Agroalimentaire / emballage

Exemples

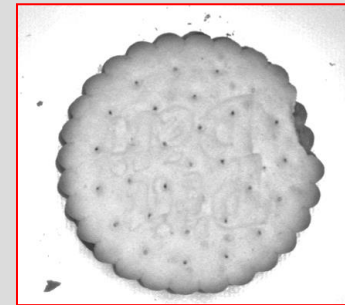


- ◆ Contrôle d'aspect (forme, couleur, texture), d'intégrité (cassure, contour) et de taille de biscuits, gâteaux, chocolats, sucre, pizzas
- ◆ Mesure de la couleur et du niveaux de liquide dans les bouteilles, les flacons et les bidons
- ◆ Tri alimentaire (pommes, poissons, dinde)
- ◆ Contrôle de la fermeture et du contenu des emballages (présence et position), détection de défauts sur flacons
- ◆ Contrôle de présence et de position de bouchons, de couvercles, d'opercules ou d'étiquettes sur les emballages et les flacons
- ◆ Contrôle de la présence, de la lisibilité et de la véracité des dates limites de consommation, des numéros de lot sur les emballages
- ◆ Contrôle de la présence, de la position et de la qualité des logos et des marquages sur les emballages

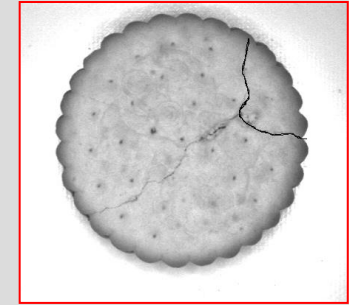
Agroalimentaire / emballage

■ Contrôle d'aspect et d'intégrité de biscuits

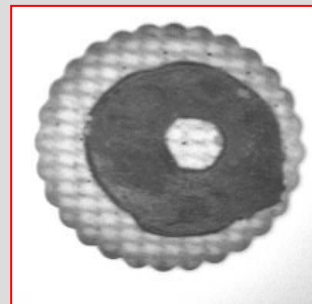
- ◆ 32 biscuits/seconde
- ◆ Détection de biscuits : cassés sur la périphérie, fissurés, à l'envers, excentrés.
- ◆ Contrôle de présence du biscuit supérieur
- ◆ 4 caméras
- ◆ Vitesse de défilement de 55 m/mn



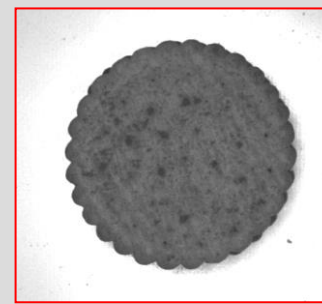
Biscuit cassé sur la périphérie



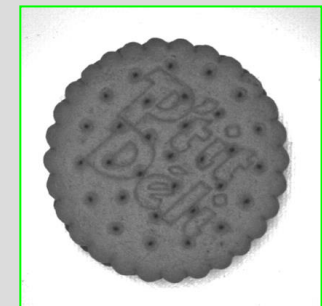
Biscuit fissuré



Biscuit supérieur absent



Biscuit à l'envers



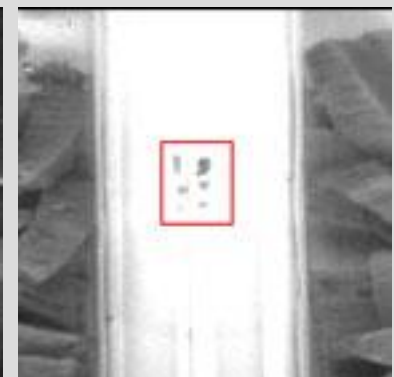
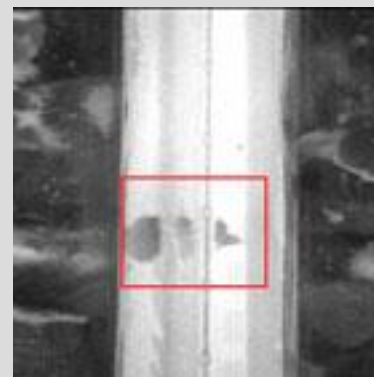
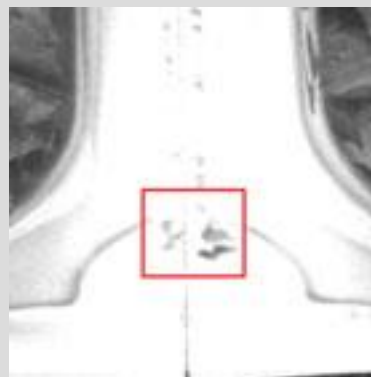
Biscuit bon



Agroalimentaire / emballage

- Détection d'intrus dans les soudures de barquettes thermoscellées

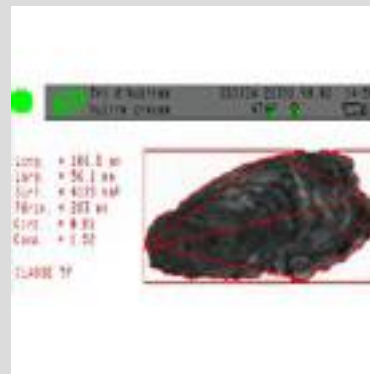
- ◆ 5400 barquettes/heure
- ◆ Vitesse de 1 m/s
- ◆ Détection d'intrus de 0,5 mm²
- ◆ Contrôle de présence et véracité des dates limites de consommation
- ◆ Vérification de la position de l'opercule



Agroalimentaire / emballage

■ Calibreuse d'huîtres

- ◆ 14400 huîtres/heure
- ◆ Vitesse de 1,2 m/s
- ◆ Calibrage d'huîtres creuses, longues ou plates
- ◆ 5 classes : TTP (très très petites), TP (très petites), P (petites), M (moyennes), G (grosses).
- ◆ Mesure de : longueur, largeur, périmètre, surface
- ◆ Calculs de circularité, de compacité



Autres industries

■ Verres



- ◆ Détection de défauts et mesure de la largeur et de la position du ruban float dans l'industrie du verre plat, détection de marquage pour la découpe, détection de défauts de découpe,
- ◆ Détection de défauts (rayures, éclats, bulle d'air) et contrôle de forme des verres et assiettes, contrôle de soudure des verres à pied, contrôle de la qualité de décors sur verre,
- ◆ Détection de glaçures sur bouteilles en verre,
- ◆ Tri du verre pour le recyclage.

■ Papier



- ◆ Surveillance et détection de rupture de bobines de papiers, contrôle d'impression (bavures d'encres, fusion des couleurs, précision de l'impression, trous, tâches, stries), Tri automatique du papier à recycler.

Autres industries

■ Bois



- ◆ Positionnement de billons de bois et détermination du plan de débit, Détection de défauts (nœud, poche de résines, fentes, flaches) et classement des planches en fonction de leurs qualités, Contrôle dimensionnel et de perçage des planches dans l'industrie du meuble.

■ Plastique / caoutchouc



- ◆ Validation de mélanges de caoutchouc avant leur lancement en production, contrôle de couleur et de dimension de joints, contrôle de conformité de raccords en plastique.

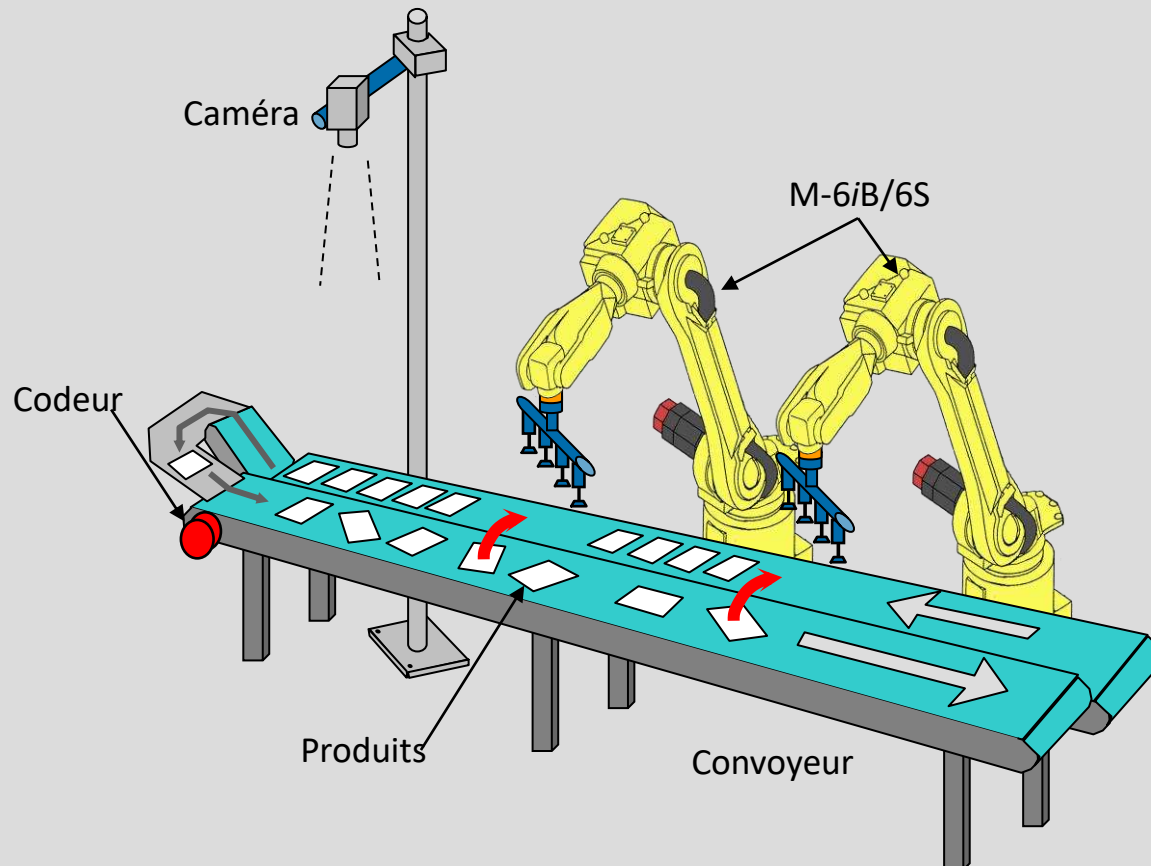
■ Textile



- ◆ Contrôle dimensionnel et détection de défauts sur laizes de tissu.

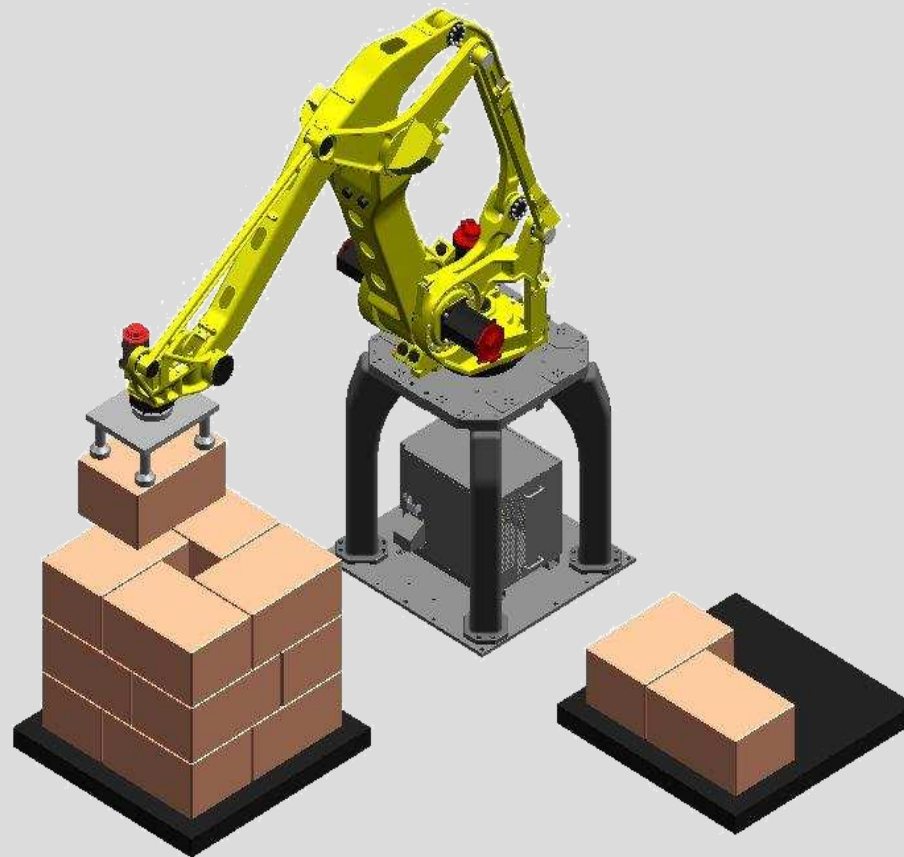
Vision et robotique

- Suivi visuel

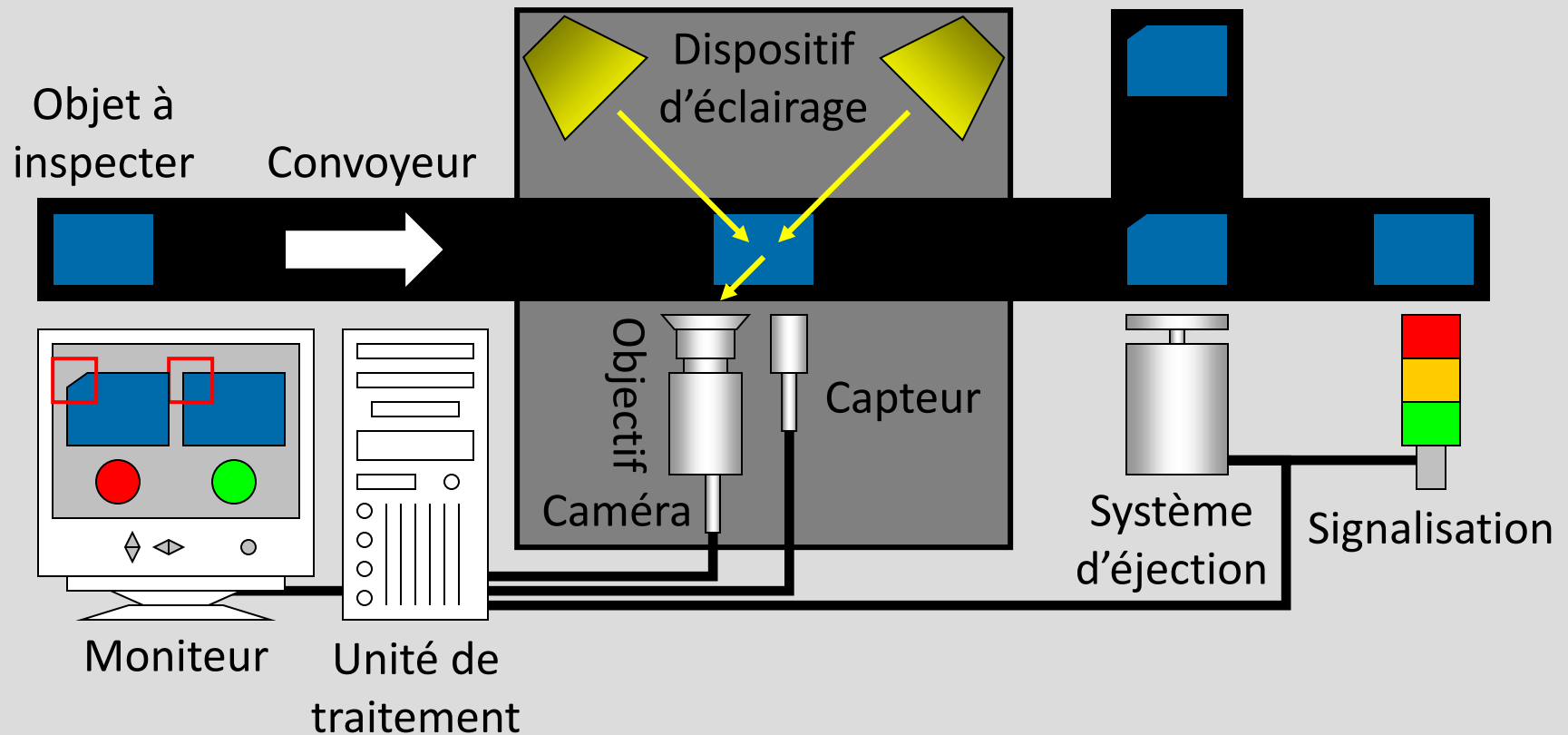


Vision et robotique

- Palettisation et dépalettisation



Un système de vision industrielle



Les éléments d'un système de vision

- Le dispositif d'éclairage
 - Il définit les caractéristiques de la lumière qui éclaire l'objet à contrôler et doit être parfaitement maîtrisé.
- L'objet à contrôler
 - Il définit les caractéristiques de la lumière réfléchie sur le capteur.
- Le dispositif optique
 - Il est constitué d'un **objectif** qui permet de faire converger la lumière sur le capteur de la **caméra**.

Les éléments d'un système de vision

- La caméra
 - Elle est constituée d'un capteur sensible à la lumière qui transforme l'énergie lumineuse en un signal électrique.
 - On distingue :
 - ◆ Les **caméras analogiques** qui délivrent un signal analogique et nécessitent l'utilisation d'une **carte d'acquisition**,
 - ◆ Les **caméras numériques** qui convertissent le signal analogique donné par le capteur en une image numérique.
- Le système de transfert
 - Il est chargé de transporter l'information (numérique ou analogique).

Les éléments d'un système de vision

- L'unité de traitement
 - Elle permet de numériser, stocker et traiter les images ainsi que de configurer ou programmer les outils logiciels de vision industrielle.
 - Elle peut être embarquée dans la caméra (**caméras intelligentes**).
- Entrées / Sorties
 - Entrée de déclenchement de l'acquisition (trigger, encodeur), sortie de déclenchement de l'éclairage, ...
- Mécanique et automatisme associés