

INTRODUCTION

La vision industrielle peut être définie comme l'application de la vision par ordinateur à des problématiques de production. Son principe est de doter les machines de production de la capacité de voir afin d'automatiser les tâches de contrôle qualité ou de contrôle de processus.

Cette automatisation permet d'augmenter les performances et les cadences de production, de rendre la production plus fiable, d'améliorer la qualité des produits, d'assurer leur traçabilité, et de garantir la sécurité.

Les applications de vision industrielle sont aujourd'hui nombreuses et se sont ouvertes à tous les secteurs de l'industrie. En effet, les progrès techniques tant au niveau des caméras et des systèmes d'éclairage que des systèmes informatiques ont permis un élargissement considérable du champ d'application de la vision industrielle.

L'avantage d'un système de vision industrielle est qu'il est possible, avec un seul dispositif, de réaliser systématiquement, sur tous les produits, plusieurs contrôles différents en continu qui nécessiteraient, sans ce dispositif, des appareillages différents :

- le contrôle de conformité d'assemblage permet de vérifier l'absence ou la présence d'éléments constituant le produit à fabriquer, ainsi que leur positionnement et leur orientation ;
- le contrôle d'aspect est destiné à examiner les états de surface afin de détecter des défauts d'aspect comme des rayures, des griffures, des trous, des taches, des défauts de nuances de couleurs ou de textures...

- le contrôle dimensionnel consiste à mesurer les dimensions d'une pièce comme une longueur, un diamètre, une profondeur, un angle ou une géométrie particulière ;
- le comptage et le tri de pièces peuvent également être effectués par un système de vision industrielle ;
- le pilotage de machines ou de robots est également réalisé grâce aux systèmes de vision. La caméra devient alors l'œil du robot, ce qui permet la détection et la localisation d'une pièce pour la manipuler, l'assembler ou l'aligner. Le suivi d'une trajectoire pour une opération de dépose peut également être ainsi effectué ;
- l'identification est destinée à effectuer une reconnaissance ou une vérification de caractères, ainsi que la lecture des codes à barres, des codes matriciels ou des codes couleur. Cette opération permet de référencer un produit et d'assurer sa traçabilité et son traitement statistique, ainsi que de suivre la gestion des stocks ou le flux de production ;
- sur site industriel, mais également dans d'autres domaines, la vision permet des opérations de surveillance et de sécurité par du contrôle d'accès (analyse d'empreintes, de visages, de mains, de l'œil, de plaques d'immatriculation) ou du suivi de foules ou de flots de personnes.

Les systèmes de vision industrielle s'implantent donc dans les usines de production, et plus précisément aux étapes critiques qui justifient d'un contrôle :

- à la réception des matières premières et des pièces nécessaires à l'élaboration du produit ;
- en cours de fabrication afin de contrôler la transformation des matières premières et l'assemblage des pièces ou afin de piloter les machines de fabrication ; **1**
- à la fin de la fabrication pour le contrôle du produit fini ;
- à l'emballage.

Différents éléments constituent un système de vision industrielle :

- un dispositif d'éclairage qui définit les caractéristiques de la lumière éclairant l'objet à contrôler. L'éclairage est un élément fondamental de la réussite d'une application de vision industrielle. Il doit être parfaitement maîtrisé afin de mettre en évidence les zones du produit à inspecter ;
- un dispositif de capture d'image constitué d'une caméra équipé 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 vidéo et nécessitent l'utilisation d'une carte d'acquisition et les caméras numériques qui convertissent le signal analogique donné par le capteur en une image numérique ;
- un dispositif optique constitué d'un objectif qui permet de faire converger la lumière issue de l'objet à contrôler sur le capteur de la caméra ;
- une unité de traitement qui permet de 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). Cette unité prend des décisions en fonction des résultats de l'analyse des images afin d'activer des sorties pour alerter l'opérateur ou mettre une pièce au rebut.

Le système de vision est généralement intégré sur une ligne de production et nécessite un système mécanique associé à un automatisme permettant de convoier, détecter et isoler le produit à inspecter. Le système de vision gère également différentes entrées/sorties comme les entrées de déclenchement de l'acquisition (*trigger*, encodeur) ou les sorties de déclenchement de l'éclairage.

La vision industrielle fait donc intervenir plusieurs disciplines telles que la physique, l'optique, l'informatique, la mécanique ou l'électronique et demande des connaissances aussi bien pratiques que théoriques. Le but de cet article est donc d'apporter les bases de cette connaissance et de proposer une méthodologie de conception d'un système de vision industrielle en étudiant chacun des éléments qui le constitue.

Introduction et Applications au domaine de la Vision par ordinateur

Qu'est-ce que la vision ?

- Le monde a une structure 3D et est composé d'objets
- L'être humain sait parfaitement décrire et interpréter ce monde
- Pourtant l'information disponible sur la rétine n'est qu'un ensemble de points (environ un million de *Picture éléments* ou *pixels*)...

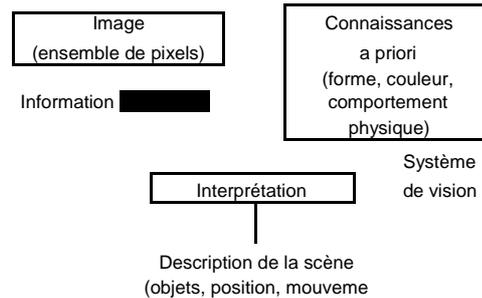
Qu'est-ce que la vision (2)

- Chaque pixel contient des informations sur la lumière (quantité et contenu spectral/couleur) reçue en ce point de la rétine
- Les objets (téléphone, voiture...) n'existent pas sur la rétine, et pourtant on les voit : leur interprétation est le résultat du processus visuel.

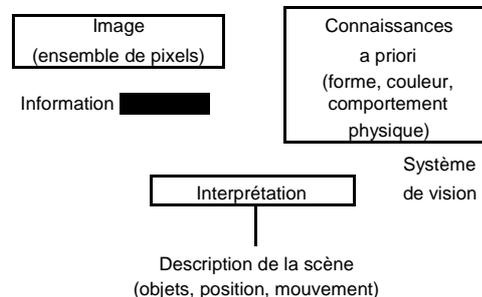
Résoudre le problème de la vision ?

- La vision humaine est *extrêmement complexe* (neurosciences)
- La vision par ordinateur ne cherche pas à comprendre ou à reproduire la vision humaine, mais à construire un *modèle algorithmique* qui, vu de l'extérieur, possède des propriétés semblables.
- De plus, un problème de vision par ordinateur correspond souvent à un *sous-ensemble* du système de vision humain.

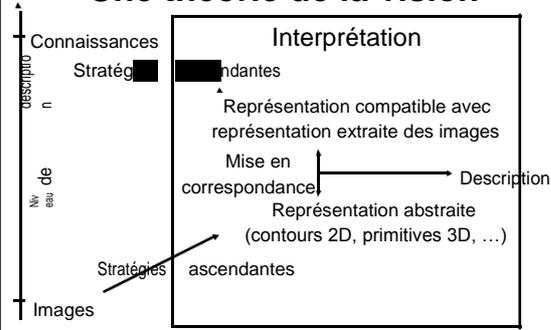
Qu'est-ce que la vision (3)



Une théorie de la vision



Une théorie de la vision



Une théorie de la vision

Connaissances a priori

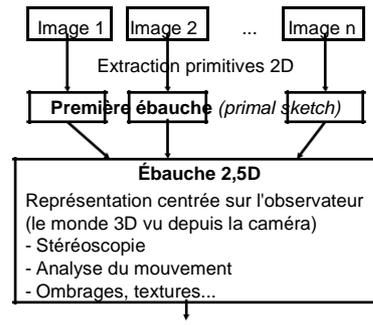
- Physiques (optique, forces/interactions)
- Géométriques (forme des objets, formation de l'image)
- Sémantiques (fonction des objets, comportement)

Exemple : que sait-on de mesurable sur une voiture qui permette de l'identifier dans une image ?

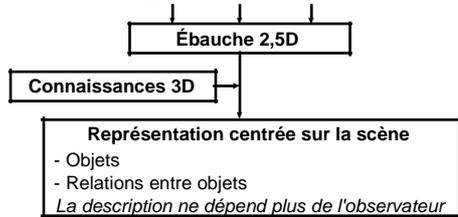
Une théorie de la vision

- Les **algorithmes** de vision sont des expressions des stratégies mises en œuvre :
 - extraction de primitives à partir des images
 - représentation des connaissances
 - mise en correspondance
 images/connaissances : *reconnaissance*
- **Un système de vision doit être fiable et rapide**

Le paradigme de David Marr



Le paradigme de David Marr



Paradigme datant de la fin des années 1970, mais toujours d'actualité !

Segmentation, reconstruction, Reconnaissance

- Traduction en algorithmes des étapes de Marr
- Tout part des images :
 - optiques (2D) : photo, satellite, document
 - médicales (Rayons X, IRM, 2D/3D...)
 - autres (radar, laser, sonar...)
 - images fixes ou séquences temporelles

Segmentation

- Détection de points d'intérêt (coins...)
- Détection de contours
 - correspondent à des discontinuités des niveaux de gris
 - approximation par des représentations analytiques (polygones, coniques...)
- Extraction de régions (zones homogènes)

Les approches "contours" et "régions" sont duales : frontières de régions \Leftrightarrow contours

Reconstruction

- Commence par le calibrage de l'imageur
 - détermination de la fonction : point 3D & caractéristiques physiques \rightarrow point image & intensité/couleur
 - revient à déterminer les paramètres d'un modèle de caméra/capteur (position, orientation, focale...)

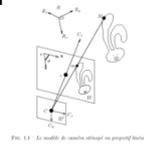


FIG. 1.1 - Le modèle de caméra centré en projectif linéaire.

Reconstruction

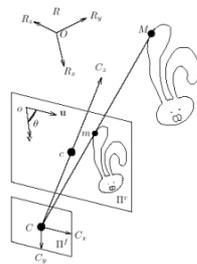


FIG. 1.1 - Le modèle de caméra sténopé ou projectif linéaire.

Reconstruction

- Des méthodes variées (*shape from...*) :
 - Stéréoscopie
 - procède par appariement de primitives, puis triangulation
 - Mouvement (structure from motion)
 - on ne peut pas forcément déduire la structure 3D de la scène d'un mouvement de caméra (un panoramique ne contient pas d'infos 3D)
 - Ombrage (shape from shading)
 - seulement sur objets uniformes et/ou avec éclairage contrôlé

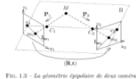


FIG. 1.2 - La géométrie épipolaire de deux caméras.

Reconstruction

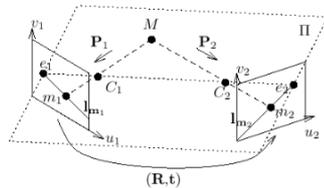


FIG. 1.3 - La géométrie épipolaire de deux caméras.

- Stéréoscopie

Quelques exemples Concrets

- Reconnaissance d'écriture (OCR)
- Contrôle visuel sur chaîne de fabrication
- Asservissement visuel de robots
 - une caméra observe l'évolution du robot et le renseigne sur sa position par rapport à la cible

Quelques exemples Concrets

- Robotique mobile
 - évitement d'obstacles
 - découverte d'un environnement inconnu et construction d'une carte (exploration)
 - conduite automatique / assistée
- Exemples :
 - mission Mars Pathfinder
 - conduite "sans les mains" (A. Broggi, U Parma)

Quelques exemples Concrets

- Modélisation à partir d'images
- Rendu à partir d'images
- Post-production cinématographique (objets virtuels dans scènes réelles et vice-versa)
 - PhotoModeller
 - Résultats de Marc Pollefeys
 - système EyeVision au Superbowl'01 (CMU)
 - Panoramas, mosaïques d'images