

1. Introduction

La vision industrielle fait appel à plusieurs disciplines, telles que la physique, l'optique, l'informatique, la mécanique et l'électronique, et nécessite des connaissances à la fois pratiques et théoriques. Les progrès réalisés ces dernières années dans les différentes techniques et technologies utilisées dans les systèmes de vision industrielle ont permis de multiplier les applications, de réduire les coûts et d'étendre leur mise en œuvre à différents secteurs de l'industrie.

Dans ce chapitre, nous présentons les bases de ce processus industriel devenu indispensable dans les chaînes de production actuelles.

2. Définition de la vision industrielle

La vision industrielle peut être définie comme l'application de la vision par ordinateur aux problèmes de production. Son principe est de doter les machines de production de la capacité de voir, afin d'automatiser les tâches de contrôle de la qualité ou des processus. Cette automatisation permet d'augmenter les performances et les cadences de production, de fiabiliser la production, d'améliorer la qualité des produits, d'assurer la traçabilité et de garantir la sécurité.

La vision industrielle est un ensemble de techniques qui simulent la vision humaine au moyen d'un système automatique de capture et d'interprétation d'images. En effet, la vision humaine est constituée de l'œil, organe de la vision, qui nous permet de capter la lumière de notre environnement et de la convertir en un message nerveux, transmis au cerveau pour analyse (figure 1.1).

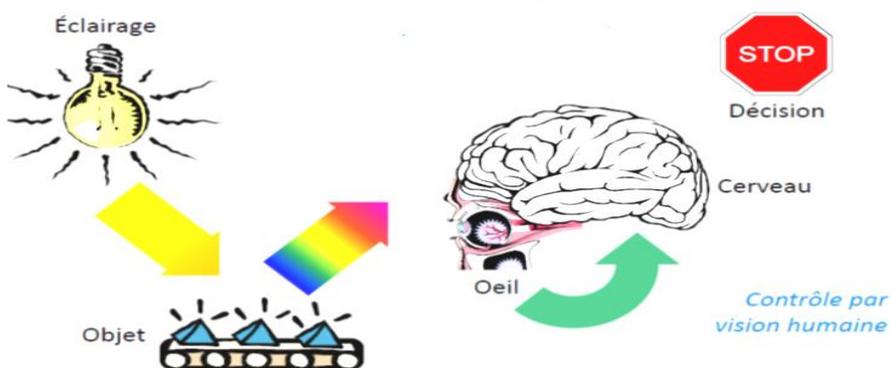


Figure 1.1 : Le principe de la vision humaine.

L'œil humain est remplacé par des caméras. Les caméras ont l'avantage d'être infatigables et pratiquement indestructibles. Elles sont plus rapides, mais ont une plage de luminosité inférieure à celle de l'œil. La vision industrielle ne se contente pas de capturer une image et de la reproduire sur un écran distant. Son objectif est d'interpréter l'image et d'en extraire des informations. La vision industrielle doit simplifier le contexte de la vision pour que l'interprétation soit possible et résolue à l'aide de moyens mathématiques relativement simples contenus dans l'unité de calcul et visant à remplacer le cerveau humain (figure 1.2).

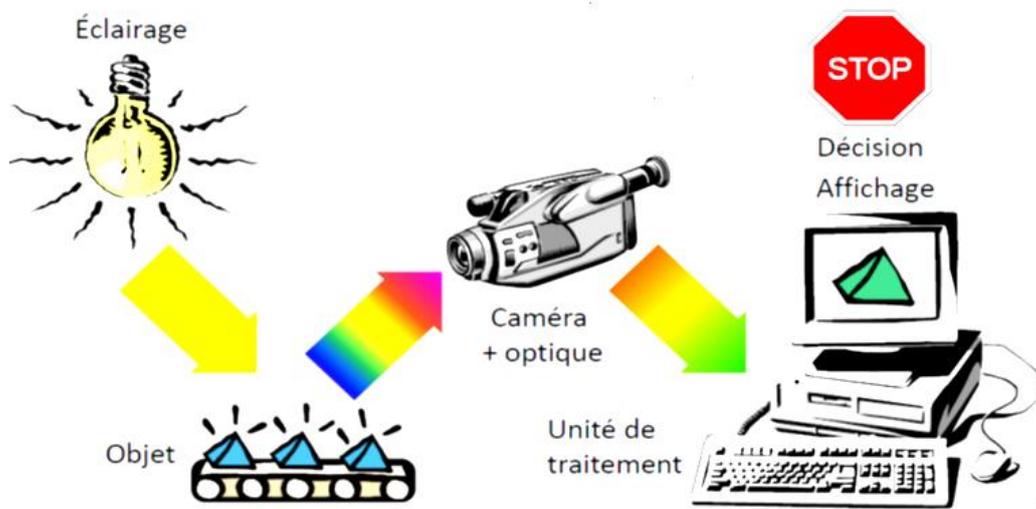


Figure 1.2 : Le principe de la vision industrielle

3. Les avantages de la vision industrielle

Les systèmes de vision industrielle offrent plusieurs avantages :

- Contrôle précis (mesures géométriques, quantités, etc.)
- Mesure répétitive et objective
- Temps de calcul rapide
- Fonctionnement 24 heures sur 24
- Le système s'adapte aux environnements difficiles
- L'inspection intègre des connaissances expertes (automatisation de l'inspection visuelle)
- Analyse du taux de rebut en temps réel et mémorisation des défauts.

4. Les applications de la vision industrielle

Aujourd'hui, les applications de la vision industrielle sont nombreuses et se sont ouvertes à tous les secteurs de l'industrie. Les avancées techniques en matière de caméras, de systèmes d'éclairage et de systèmes informatiques ont considérablement élargi le champ d'application de la vision industrielle :

4.1 La vision pour la robotique ou guidage de robot

L'utilisation de la vision industrielle est étroitement liée à l'avènement de la robotique dans les systèmes de fabrication automatisés. Elle est utilisée pour aider le robot à localiser et à identifier les pièces, afin qu'elles puissent être récupérées et transférées vers une autre ligne de production, ou pour le tri à la fin d'une ligne d'assemblage ou de fabrication. La figure 1.3 illustre un mouvement de pièce assisté par un robot.



Figure 1.3: Déplacement des pièces à l'aide du robot

4.2 La vision pour la détection de défaut

La détection des défauts est une tâche spécifique à la vision industrielle. Elle permet d'augmenter les taux de production et de réduire les coûts de fabrication en éliminant les pièces rejetées. Elle permet également d'éviter les pertes de temps liées à la poursuite de l'usinage d'une pièce défectueuse. La figure 1.4 présente un exemple de détection de défauts.

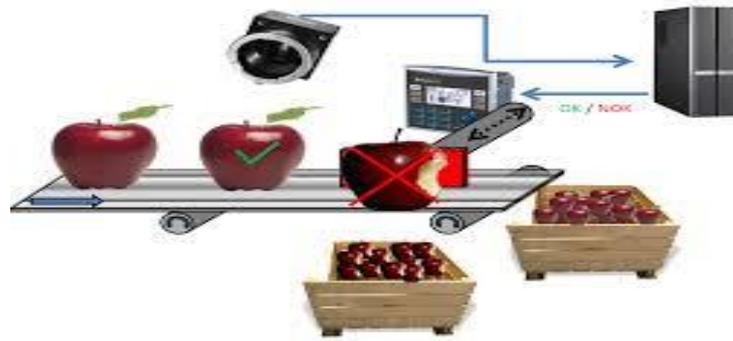


Figure1.4 : Détection de défaut

La figure 1.5 présente un autre exemple de détection des défauts. Un joint a été correctement placé sur un composant d'assemblage. Une machine d'assemblage place le joint sur la pièce. Le joint peut se trouver dans deux positions distinctes, mais une seule est correcte.



Figure 1.5: Vérification d'orientation

4.3 Le contrôle des dimensions et de l'état de surface d'objets manufacturés

Un système de vision industrielle pour la mesure calcule la distance entre deux ou plusieurs points, ou entre des emplacements géométriques sur un objet, et détermine si ces mesures sont conformes aux spécifications. Si ce n'est pas le cas, le système de vision envoie un signal de défaillance au système de contrôle, déclenchant un mécanisme de rejet qui éjecte l'objet de la ligne.

En pratique, une caméra fixe prend des images des pièces lorsqu'elles passent dans le champ de vision de la caméra, puis le système utilise un logiciel pour calculer les distances entre les différents points de l'image. Comme de nombreux systèmes de vision industrielle peuvent mesurer les caractéristiques des objets avec une tolérance allant

jusqu'à 0,0254 mm, ils conviennent à un large éventail d'applications pour lesquelles la vérification manuelle était souvent utilisée auparavant.

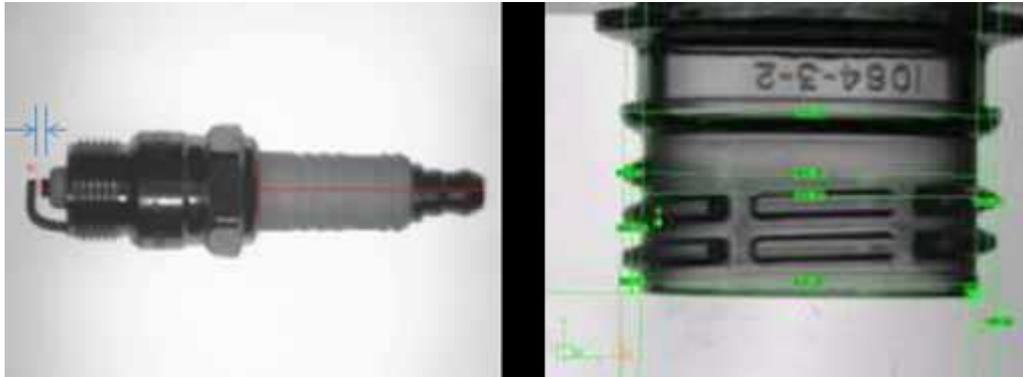


Figure 1.6 : Les applications de mesure peuvent mesurer des pièces avec des tolérances allant jusqu'à 0,0254 mm.

4.4 Le contrôle de qualité d'impression des étiquettes

Ces modules de vision industrielle sont installés sur la machine et intégrés dans le processus de contrôle de la qualité. Afin de garantir la qualité de chaque étiquette, les modules de vision inspectent ses différentes caractéristiques :

- détection des étiquettes manquantes, endommagées ou mal collées
- détection des défauts d'impression : résidus de matrice, d'encre ou autres impuretés.



Figure 1.7 : caméras linéaires, en fonction de la largeur du matériau à inspecter, avec des vitesses allant jusqu'à 350 mètres de ruban par minute, avec une détection des défauts jusqu'à 0,02 mm².

4.5 Contrôle de l'assemblage de composants électroniques tels que les cartes de circuits imprimés pour l'industrie automobile

Un système de caméra autonome permet d'assembler correctement jusqu'à 50 composants avant que les cartes ne passent à l'étape suivante. Bien que de nombreux aspects de la fabrication soient automatisés, un grand nombre de produits sont encore assemblés à la main. Il est possible d'imaginer un système de contrôle de la qualité à la fin de l'assemblage, à l'aide d'un système de vision, mais cela pourrait compromettre le rendement, car tout défaut détecté pourrait entraîner des retouches longues et coûteuses, ou pire, la mise au rebut complète de la carte de circuit imprimé.

- Le nouveau système de caméra autonome offre une approche différente. La puissance de la vision industrielle est déployée au cours du processus d'assemblage pour garantir que chaque action est effectuée correctement et complètement avant que l'opérateur ne passe à l'étape suivante. Chaque action de l'opérateur est automatiquement vérifiée à l'aide de diverses techniques de traitement d'images.



Figure 1.8: Amélioration de l'assemblage de circuits imprimés d'autoradio

5. Les composants d'un système de vision industrielle

5.1 Description

Un système de vision industrielle se compose principalement : d'une caméra avec objectif pour prendre des images des produits sur les lignes de production, d'un dispositif d'éclairage spécifique pour mettre en évidence les produits à contrôler, d'un ordinateur pour la visualisation et le traitement des images relié à un système d'éjection automatique. La figure 1.9 présente un schéma descriptif du système de vision industrielle.

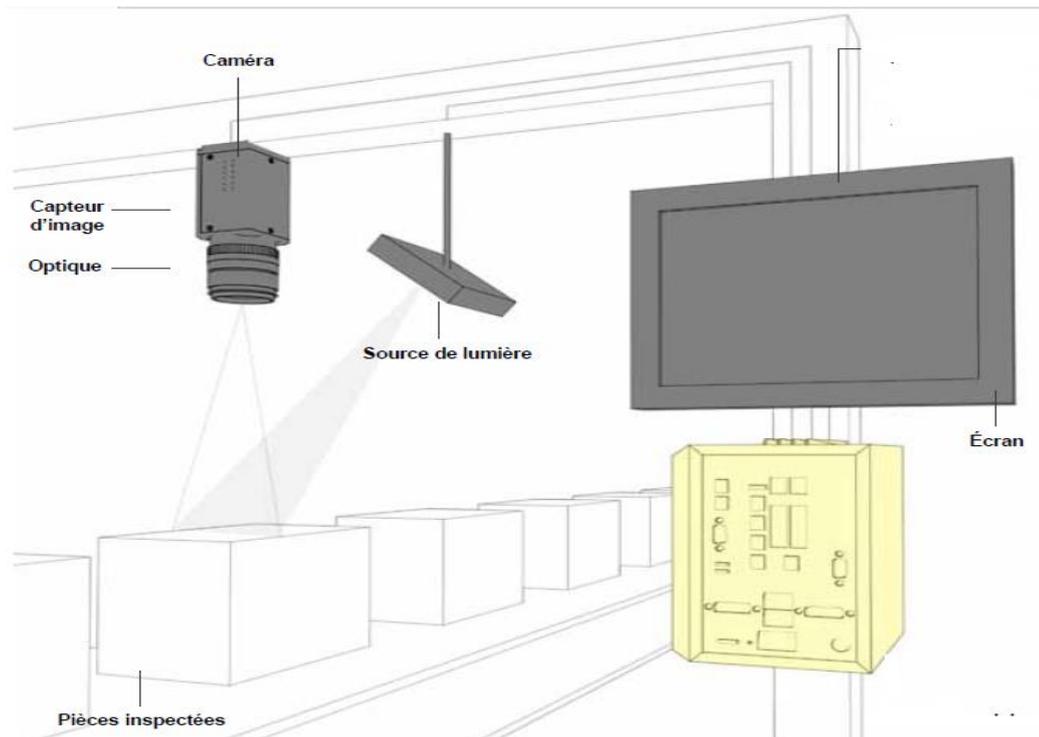


Figure 1.9 : Schéma descriptif du système de vision industrielle

5.2 Éléments constitutifs

Les différents composants d'un système de vision industrielle sont :

- a) **Un dispositif d'éclairage** qui définit les caractéristiques de la lumière éclairant l'objet à contrôler. L'éclairage est fondamental pour la réussite d'une application de vision industrielle. Il doit être parfaitement maîtrisé pour mettre en évidence les zones du produit à inspecter ;
- b) **Un dispositif de capture d'image** constitué d'une caméra équipée 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 fourni par le capteur en une image numérique ;
- c) **Un dispositif optique** composé d'une lentille qui fait converger la lumière de l'objet à tester vers le capteur de la caméra;
- d) **Une unité de traitement** qui stocke et traite les images, et configure ou programme les outils logiciels de vision industrielle. Elle peut être intégrée à la caméra (caméras intelligentes). Cette unité prend des décisions basées sur les résultats de l'analyse

d'image pour activer des sorties afin d'alerter l'opérateur ou de mettre au rebut une pièce.

e) **La partie de communication**

Comme les systèmes de vision utilisent souvent différents composants disponibles sur le marché, ces éléments doivent pouvoir être coordonnés et connectés à d'autres éléments de la machine avec facilité et rapidité. La communication est généralement établie par :

- Un capteur de synchronisation (optique, magnétique, encodeurs, ...) qui déclenche la caméra lorsque l'objet est détecté.
- Un système d'E/S numérique, ou un système de communication protocolaire (RS-232, TCP-IP, Pronet, etc.) pour transmettre les données entre les différents composants.
- Un système de contrôle/commande (automate, robot, carte embarquée) pour traiter les décisions ou informations de la caméra.

6. Les étapes de fonctionnement d'un système de vision industrielle

Un système de vision fonctionne en cinq phases. Ces phases sont les suivantes :

1. **Calibration** : Réglage de l'éclairage, de la mise au point et mise en correspondance du repère camera (pixels) avec un repère réel (dimensions réelles de la zone ou des pièces).
2. **L'acquisition**: il s'agit d'extraire l'image sous forme numérique. L'éclairage, l'optique, les caméras et les cartes d'acquisition sont nécessaires à cette étape. Il s'agit d'une étape importante car, si elle est bien réalisée, l'acquisition simplifie les étapes de prétraitement et d'analyse.
3. **Prétraitement** : Ensemble de techniques destinées à améliorer la qualité de l'image. La première étape, appelée restauration, vise à corriger les déformations géométriques, causées par l'optique de la caméra, et les variations d'éclairage. Une deuxième étape, appelée amélioration, vise à réduire le bruit et à augmenter les caractéristiques de l'objet contenant l'information souhaitée.

4. **Localisation** : Localisation des objets dans l'image. L'objectif de cette étape est d'extraire les informations caractéristiques contenues dans une image. Elle fait appel à différentes techniques telles que la segmentation (seuillage, détection des frontières, etc.).
5. **Contrôles, mesures** : Calcul de critères sur lesquels fonder les décisions, tels que la taille et la position des défauts, la position des contours, la couleur et l'orientation de l'objet.
6. **Décision** : Prendre une décision et la transmettre à l'unité de contrôle.

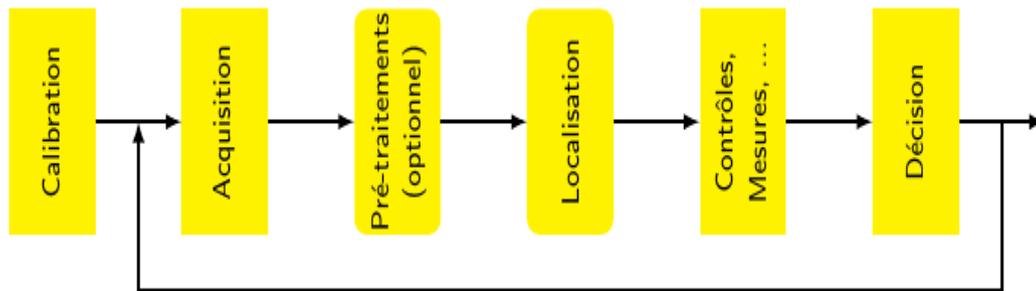


Figure 1.10 : Structure d'un programme de vision