

Rapport de stage de fin d'études

COGNEX



IN-SIGHT
Vision Systems

Stagiaire : Jean RIBEIL
Durée : 3 mois

M2E2 M2R 2016/2017

Remerciements

Je souhaite remercier particulièrement **M. François Arnaud** d'avoir accepté d'être son stagiaire lors de cet été 2017.

Je souhaite remercier les collègues du bureau des méthodes et du groupe *CGR PMPC*, **M. Nicolas Berthier**, **M. Hervé Montabrun**, **M. Erwan Leger** et **Mme Françoise Zanna** de m'avoir accueilli amicalement parmi eux lors de cette formation. Je souhaite remercier **M. Fabien Maire** et **M. Franck Thiebaud** de m'avoir aidé lors de recherches essentielles à ce rapport de stage telle que la documentation ou la manipulation sur les machines. Je souhaite remercier **Mme Pascale Letessier** qui m'a accueilli très chaleureusement dans l'entreprise. Je souhaite remercier tous les membres de l'entreprise *CGR PMPC* qui ont, de près ou de loin, suivi mon évolution et qui ont sympathisé avec moi ainsi que des connaissances comme **M. Frédéric Thiebaut** ou **M. Franck Duboz**.

Je souhaite aussi remercier **M. Henri Venet**, délégué général de UIMM FC (Union des Industries et Métiers de la Métallurgie de Franche-Comté) et **M. Michel Rigolet**, responsable du partenariat économique et des relations extérieures à Pôle emploi de Bourgogne Franche-Comté pour avoir acceptés de m'aider dans ma recherche de stage.

Je souhaite enfin remercier mes parents, mes deux sœurs et leurs proches (autres membres de la famille ou amis) pour m'avoir encouragé et soutenu pendant la période de recherche de ce stage et lors de son accomplissement. En tout dernier, je souhaite remercier mes amis que j'ai rencontré lors de ces années d'université avec lesquels j'ai passé des moments que je n'oublierais jamais (autant des hauts que des bas) et qui m'ont de même encouragé.

Signé Jean Stanislas Ribeil, 17 juillet 2017

Sommaire

I Présentation de CGR PMPC.....	4
A) Historique.....	4
B) Activités.....	5
C) A propos du site de CGR PMPC (Boussières).....	6
II Remplacement d'une caméra MIS-1050 par une caméra MIS-1020.....	9
A) Travail théorique	9
1) But.....	9
2) Programmation de l'IHM sur Easy Builder (en émulateur).....	10
B) Installation sur la machine (en live).....	11
1) Intégration.....	11
2) Mise au point.....	12
III Développement d'une interface Homme-Machine (IHM).....	14
A) Problématique	14
B) Modification du programme.....	16
IV Intégration de capteurs de vision de la gamme In-Sight 2000 sur machines automatiques.....	17
A) Contrôle de l'assemblage d'une antenne	17
1) Introduction.....	17
2) Différentes modifications sur la machine.....	17
a) Élimination des copeaux.....	17
b) Installation de la caméra.....	18
B) Réutilisation du capteur de vision 2000 modèle 130.....	20
1) Introduction.....	20
2) Faisabilité.....	20
3) Prototypage du programme.....	21
V Conclusion.....	23
ANNEXE 1 : Rappels d'optique et vision industrielle.....	24
1) Distances.....	24
2) Éclairage.....	24
ANNEXE 2 : Documentation sur les différents produits Cognex.....	27
1) A propos	27
2) Caméras In-Sight.....	27
3) Caméras Micro-In-Sight.....	30
ANNEXE 3 : Tutoriel pour débutant intermédiaire sur In-Sight Explorer	31
1) Tutoriel sur Easy Builder	31
2) Tutoriel sur Spreadsheet (tableur).....	35
VII Bibliographie.....	40

I Présentation de CGR PMPC

A) Historique

CGR PMPC (Comptoir Général du Ressort Précision Mécanique et Plastique Comtoise) connu avant sous le nom de SIDE O PMPC, vient d'une entreprise créée en 1962 à Besançon qui était en fait, un atelier de découpage mécanique par M. Camille Bourgeois. Après un déménagement à Boussières (1972), l'entreprise commence ses activités de moulage et de surmoulage pour l'automobile. En 1990, la société est vendue par le groupe allemand SIDE O VOGT. L'entreprise s'étend et se spécialise dans les pièces plastiques (surmoulage et assemblage), comme le prouve un chiffre d'affaires en 2005 réalisé à 60% en raison du surmoulage. L'entreprise change de nom en 2007 et devient SIDE O PMPC. Par ailleurs, SIDE O forma d'autres sites en Franche-Comté à Dampierre-les-bois en 2010 et à Pont-De-Roide-Vermondans sous les noms de Bedeville en 2007 et RDT en 2010, et deux en Slovaquie et Roumanie (Šurany en 2011 et Sibiu en 2007).

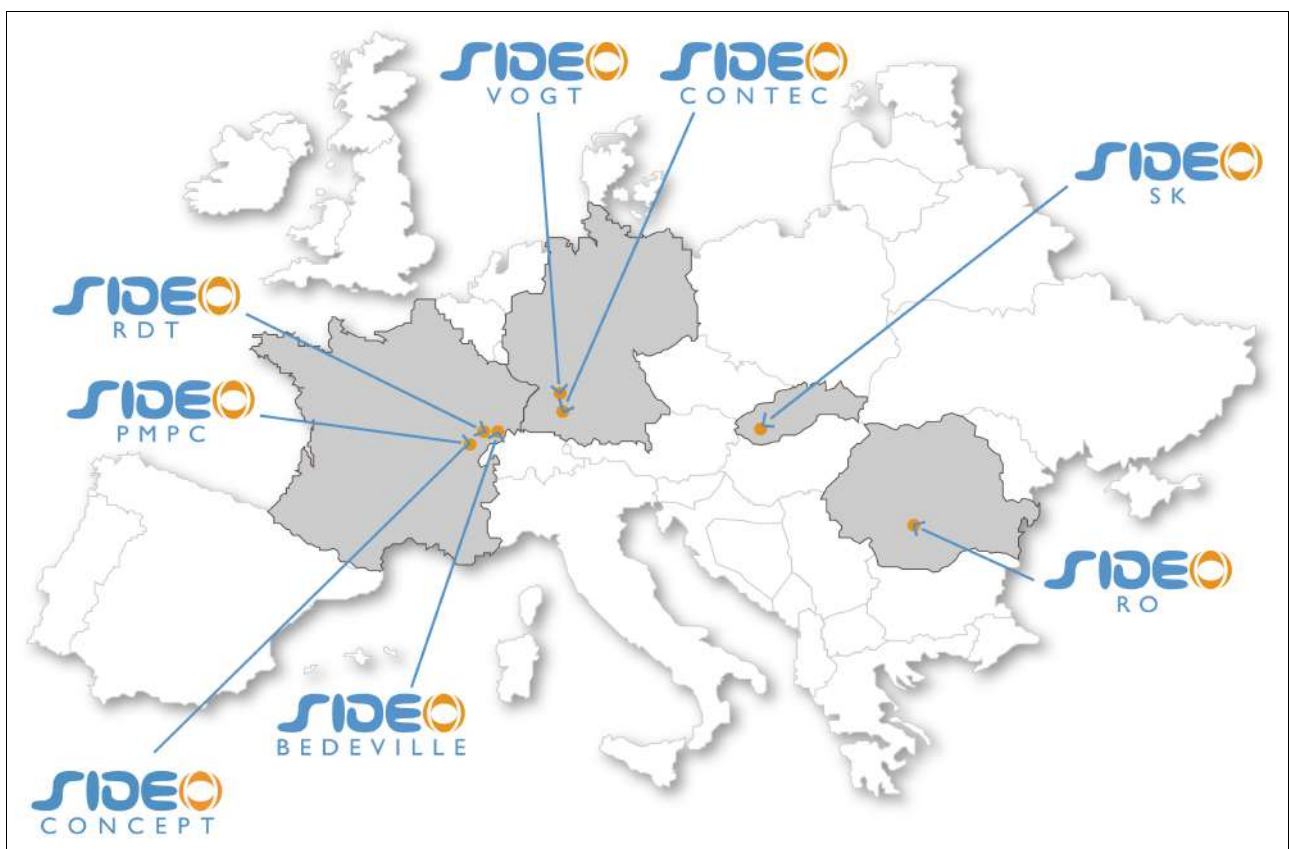


Fig. 1 : Les anciens sites de SIDE O en 2013

Actuellement, CGR présente 19 sites de production sur 9 pays différents (11 en France, récemment Espagne, Allemagne, Pologne, Hongrie, Roumanie, Chine, Brésil et Mexique) soit 1 450 collaborateurs et employés. Les sites de Bedeville, de Boussières et de Roumanie sont maintenant connus sous le nom de CGR BEDEVILLE, CGR PMPC et CGR SIBIU.

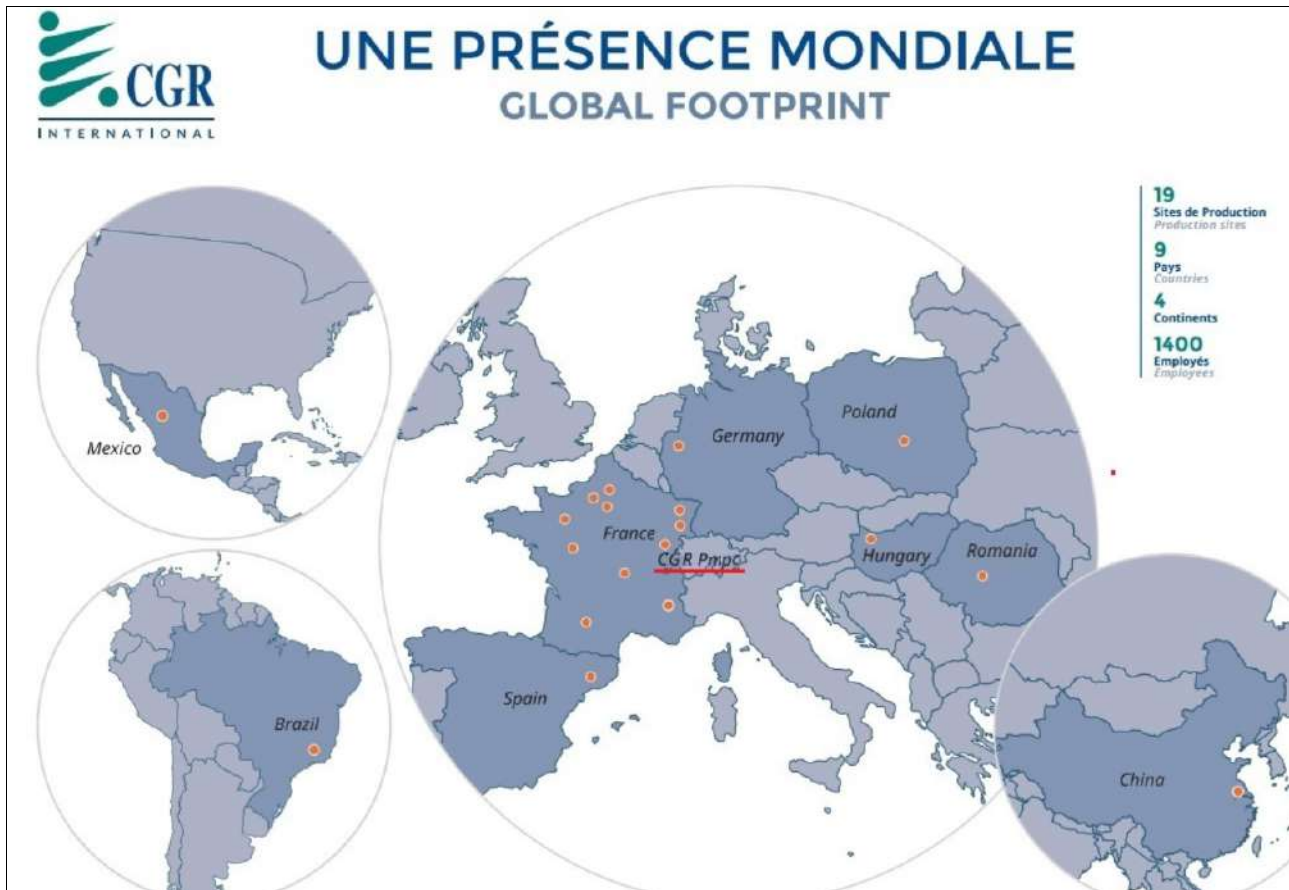


Fig. 2 : CGR, un rayonnement mondial

B) Activités

CGR est devenu le leader français de la fabrication de ressorts (155 M€ de CA (chiffre d'affaires)) et compte plusieurs grandes entreprises célèbres parmi ses clients comme BIC, VALEO, AIRBUS, SCHNEIDER ELECTRIC ou encore CATERPILLAR ... Les principaux secteurs sont l'aéronautique, l'automobile, la mécatronique, le médical et le bâtiment dans la spécialisation de fabrications de ressorts (plats, torsion, compression, traction, enroulements, micro-ressorts) en plus de découpage métallique, injection plastiques et surmoulage en du rachat de SIDEO PMPC. Dans le secteur de la métallurgie, la branche mécatronique de CGR développe, conçoit, industrialise et produit des pièces techniques et des ensembles électromécaniques par découpage & emboutissage, moulage & surmoulage par injection plastique fondu et assemblage. On y trouve un très haut niveau de savoir-faire dans la réalisation, la mise au point et le pilotage de ces moyens de production. En effet, le groupe allemand CONTINENTAL AG, expert mondial dans le secteur automobile, fait régulièrement partie des ordres de fabrications des sites français.

Avec le temps, les ateliers se sont considérablement automatisés comme l'utilisation d'automates, de robots (bras 6 axes YASKAWA MOTOMAN ou FANUC, robots dit Scara EPSON, ...) et capteurs dont des caméras COGNEX qui contrôlent les pièces au fur et à mesure de l'avancement de chaque pièce produite. Ces process automatisés permettent de répondre aux besoins des moyennes et grandes séries (en terme d'exigence qualité) mais allège aussi les conditions de travail des ouvriers. En effet, nous sommes tous conscients des effets néfastes sur la santé de l'exposition prolongée au bruit ou les troubles musculo-squelettiques (mal de dos, raideur de la nuque ou des épaules, tendinite, usure des coudes, des chevilles ou des genoux ...).

Les matières métalliques utilisées sont soit du cuivre, du laiton, du bronze ou des aciers (dont de

l'inox) sous forme de bandes d'une épaisseur de 60 µm à 6 mm pour une largeur de bande maximale de 80 cm. Les plastiques utilisés sont du PA, du POM, de l'ABS, du PBT ou du PP.

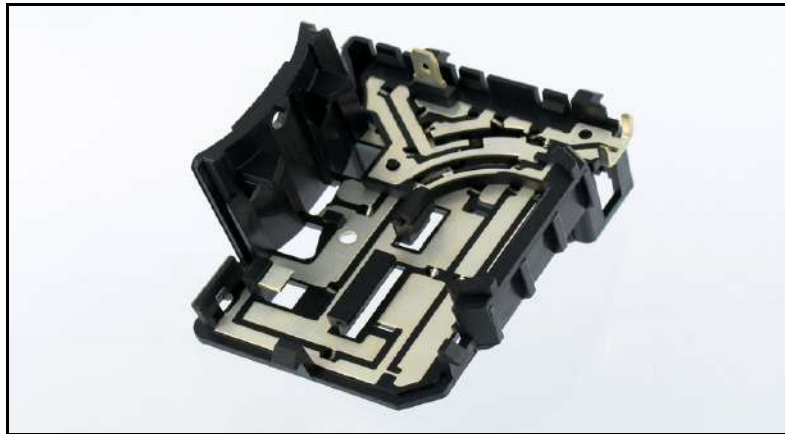


Fig. 3 : Exemple de pièce surmoulée produite

C) A propos du site de CGR PMPC (Boussières)

L'adresse du site est à l'adresse suivante :

*CGR PMPC
21, Chemin du Bas de Vignes,
25230 Boussières FRANCE*



Fig. 4 : Photo de l'accueil du site

Le plan du site est le suivant :

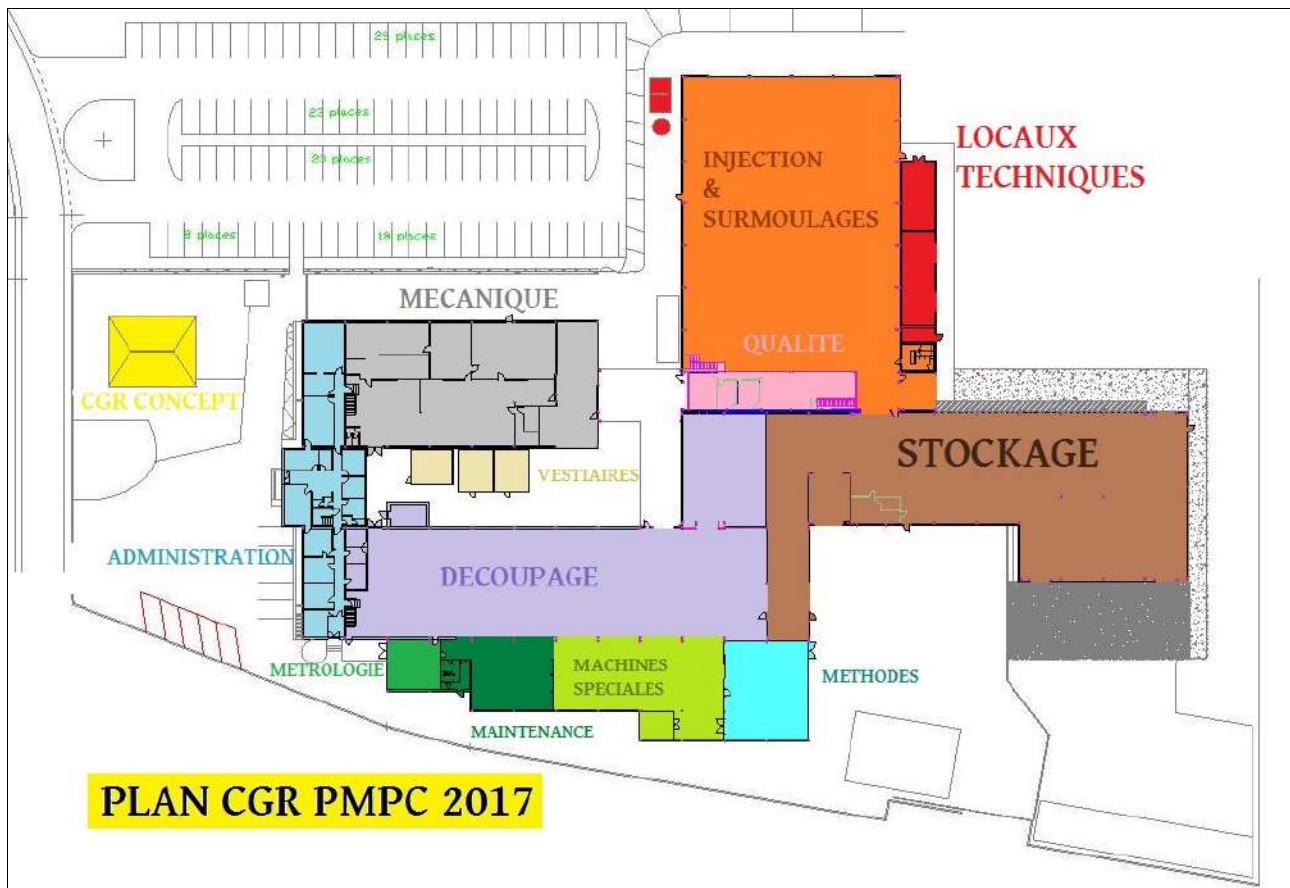


Fig. 5 : Plan du site en 2017

Les principaux responsables sont :

- ◆ M. Michel MULLER : Directeur général
- ◆ M. Frédéric MONIOTTE : Directeur industriel
- ◆ Mme Pascale LETESSIER : Responsable des ressources humaines
- ◆ M. Didier MOUGIN : Responsable des achats
- ◆ M. François ARNAUD : Responsable des méthodes
- ◆ M. Aubry MARCUCCI : Responsable informatique
- ◆ Mme Catherine BONARD : Responsable de la comptabilité

Les différents parties du sites sont :

- ◆ CGR CONCEPT
- ◆ Administration : ressources humaines, méthodes, chef de projet, informatique, directeurs
- ◆ Métrologie
- ◆ Maintenance : maintenance des outils de découpage
- ◆ Découpage : production des bandes métalliques à surmouler à partir de bandes métalliques brutes avec des presses verticales
- ◆ Stockage : stockage des pièces produites et gestion des stocks
- ◆ Mécanique : électro-érosion, outillage, plans techniques, stockage des moules
- ◆ Méthodes : maintenance des machines et techniciens des méthodes
- ◆ Machines spéciales : assemblage de machines pour clients
- ◆ Qualité : contrôle de la production et chefs de la qualité
- ◆ Locaux techniques : électricité, eau, ventilation
- ◆ Vestiaires et cafétéria



Fig. 6 : Atelier de découpage



Fig. 7 : Atelier d'injection et surmoulage

II Remplacement d'une caméra MIS-1050 par une caméra MIS-1020

A) Travail théorique

1) But

Après découpage des pièces métalliques et moulage des pièces plastiques, il faut les assembler afin d'obtenir la pièce finale. Dans ce cas, la pièce finale est constituée d'un boîtier en plastique noir, de deux pièces métalliques (un ressort et une antenne), une pastille et un joint en plastique gris et servira à assembler un capteur de pression embarquée sur une valve de roue de voiture. Le ressort assure le maintien de la valve et l'antenne sert pour la transmission des données télémétriques du capteur de pression.



Fig. 8 : Photographies de la pièce finale et CAO du capteur de pression

Le spring, le joint, la pastille et le boîtier ont été créés séparément. L'antenne est créée en début de chaîne et les pièces sont assemblées en une pièce finale.

Or, en tout point de la production, la chaîne doit être contrôlée par des capteurs, notamment visuels. Une caméra Micro-In-Sight 1050 contrôle une bande de métal qui servira à créer l'antenne. Mais cette caméra n'utilise que très peu de ses capacités et donc n'est pas optimisée. On remplace donc la caméra par une autre caméra Micro-In-Sight, le modèle 1020. En effet, la caméra 1050 peut être programmée sur le logiciel In-Sight Explorer 4.1.0 (ou mieux) en tableur et en Easy-Builder alors que la caméra 1020 ne fonctionne qu'en EasyBuilder. La caméra 1050 est donc plus puissante alors que la caméra 1020 sera mieux adéquate pour les contrôles à établir.

Le remplacement d'une caméra se fait en 4 étapes : un travail théorique sur la caméra et/ou la machine spéciale, une intégration de la caméra, une phase de programmation, et une phase de test avec consolidation du paramétrage si nécessaire.

Or, le temps mis à l'intégration est un temps où la machine doit être arrêtée et est donc limité. D'où la nécessité d'un travail théorique. Une sauvegarde des anciens programmes (ancien programme tableur, adresses IP Ethernet, caractéristiques des entrées ou sorties) est aussi nécessaire pour rétablir rapidement la machine si la machine doit de nouveau assembler des pièces alors que la phase de test n'est pas validée.

2) Programmation de l'IHM sur Easy Builder (en émulateur)

La bande à contrôler est une bande métallique fait de deux trous et de deux broches à pas réguliers. L'antenne est obtenue en coupant entre chaque pas et en tordant les deux broches à la verticale avec une presse. Les contrôles à établir sont les suivants :

- S'assurer du sens d'engagement de la bande
- S'assurer que les deux pins d'une même antenne sont droits (valeurs tolérées : $90 \pm 2^\circ$)
- S'assurer que l'entre-axe entre deux cercles est constant (valeur tolérées : 91 ± 2 px)

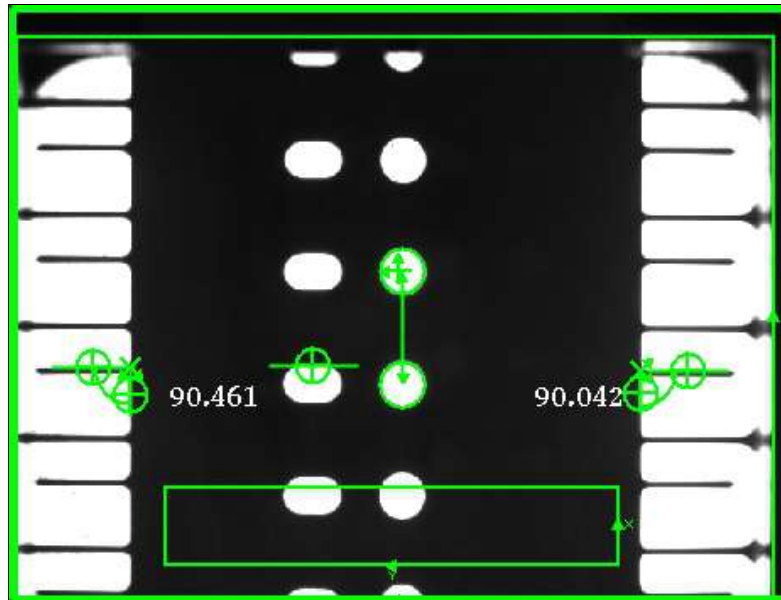


Fig.9 : Contrôle OK sur la bande

Si le contrôle est acceptable, l'écran est affiché en vert. Sinon, l'écran et la zone où se trouve le défaut sont en rouge. Un affichage des valeurs (en blanc) permet d'expliquer pourquoi le résultat du contrôle est négatif.

Afin de faire ce programme, il faut d'abord mettre un modèle et une zone de recherche. Nous nous fixons comme modèle l'image suivante :



Fig. 10 : Image de modèle_1

La zone de recherche est tout l'écran. Le modèle est dit de transition et est précis. Afin de mesurer les angles, il faut d'abord détecter les bords du pin et ensuite mesurer l'angle entre les deux bords avec une limite des plages.

L'inversion de la bande peut être détecté en s'assurant que l'ellipse qui est à gauche du cercle est bien présent (détection d'un bord dans ce cas). Le sens de la bande est contrôlée avec un rectangle qui détecte une luminosité comprise entre 7 et 43 d'après un histogramme de l'image (ci-dessus) en seuils de gris.

Des programmes similaires ont déjà été fait sur d'autres machines de l'atelier avec d'autres caméras Micro-In-Sight 1020.

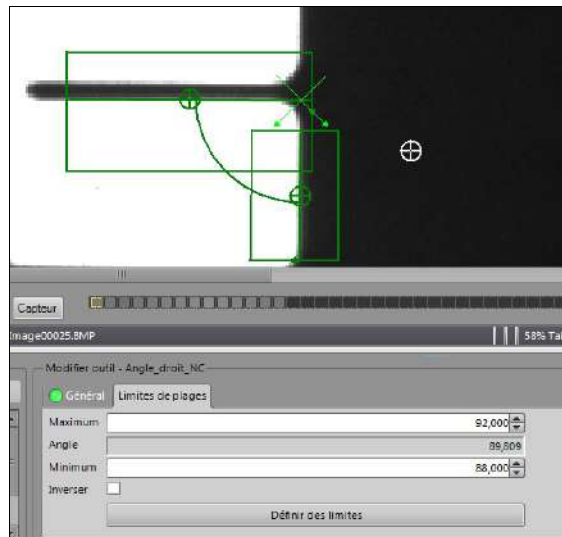


Fig. 11 : Contrôle des angles par détection de bords



Fig. 12 : Histogramme de la zone en vert

B) Installation sur la machine (en live)

1) Intégration

Le câblage et le montage se fait facilement à condition de donner une adresse IP valide (en l'occurrence celle de l'ancienne caméra). En effet, après consultation de documentation COGNEX (annexe 2), nous nous apercevons que les caméras Micro-In-Sight 1050 et 1020 ont les mêmes caractéristiques (câbles I/O et Ethernet, résolution 640x480, fps, niveaux de gris ...).

Mais cette machine a dans son armoire d'entrées et sorties, un automate MicroLogix1100 de ROCKWELL AUTOMATION qui s'assure de la présence de la bande avec un câble Ethernet.

Après lecture de schémas venant de la documentation de la machine spéciale, nous nous apercevons que l'automate comporte une entrée à 4 entiers 16 bits. Le bit qui lit la présence de la bande (1 = présent, 0 = absent) est le dernier entier de cette entrée (en dernière position).

Dans l'onglet "Communication", nous configurons un périphérique PLC/Contrôleur de mouvement - Rockwell Automation – Ethernet/IP. On donne ensuite un message de 4 entiers 16-bits dont le dernier entier est donné par l'outil qui donne le sens de la bande par niveau de luminosité (histogramme).



Fig. 13 : État de la communication

Dans l'onglet "Sorties", nous avons 4 sorties dont 2 LED de couleur verte ou rouge. Chaque sortie excepté la deuxième (Système occupé) est sous forme d'impulsion de 1 seconde (1 000 ms).

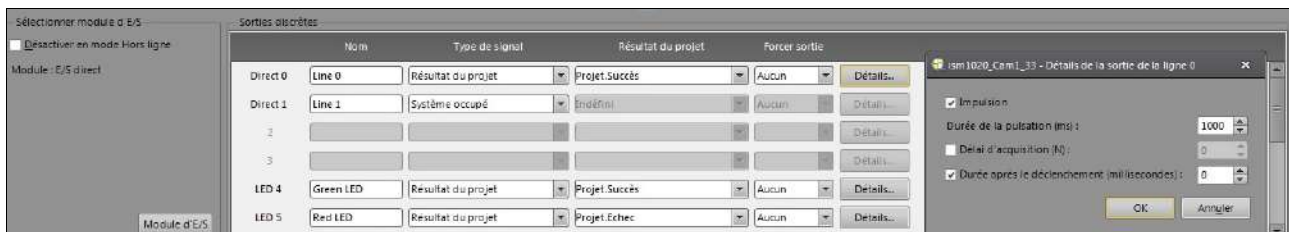


Fig. 14 : État des sorties discrètes

La LED rouge montre un échec du programme et la LED verte, un succès. Le programme ne comporte pas d'entrées discrètes.

2) Mise au point

Les mises au points ont été les suivantes :

- Afin que l'automate reconnaisse le programme de la caméra, il doit commencer par le chiffre 1 (exemple : "1Nom_Du_Programme")
- A chaque cycle, l'automate "surveille" toutes ses entrées ou sorties et non uniquement le bit de présence de la bande (4^{ème} valeur). Or, le programme proposé au début était beaucoup trop rapide pour l'automate et le front montant (passage de 0 à 1) du bit de présence de la bande fut trop furtif. De ce fait, la duplication du modèle 1 en un modèle 2 fut nécessaire bien qu'inutile en soi.
- Comme le rythme de la caméra fut changée (en partie à cause de l'automate), le rythme des autres caméras suivant la chaîne d'assemblage (3 en tout : une pour contrôler le joint, une autre pour le spring et la dernière pour la pièce finale) doit être modifié de fil en aiguille.

La dernière étape est de laisser produire la machine durant une grande durée et de tester la caméra en temps réel avec des défauts faits volontairement, par exemple en tordant ou coupant des pattes, cachant un trou avec un morceau de ruban adhésif, etc ...

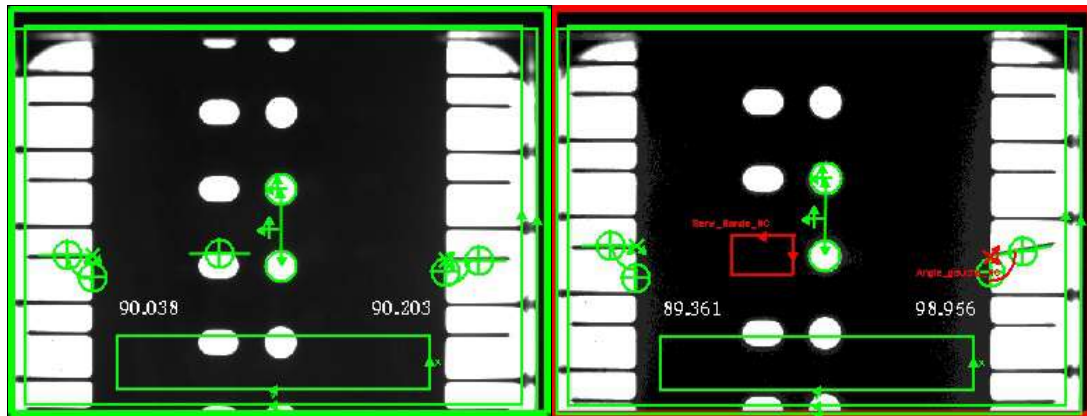


Fig. 15 : Contrôles de la caméra

Après une production de presque 3 500 pièces bonnes à raison d'une moyenne de 1 000 pièces par heure, tout défaut (volontaire ou non) a bien été détecté. De plus, aucun faux-rebut a été fait. Enfin, on a remarqué qu'en période estivale, des reflets blancs apparaissent sur la bande. La machine en production dut être à l'arrêt entre 8h00 et 9h00 le matin pour éviter tout faux-rebut ou défauts intempestifs. Ces reflets blancs viennent d'un rayon de soleil d'une fenêtre de l'atelier. Même si les vitres de la machine sont teintées, la lumière blanche comporte des ondes de même longueurs d'onde λ que l'éclairage (rouges) et donc détectable par la caméra. La valeur maximale de l'histogramme (outil qui détecte la bande et son sens) a du être augmenté pour acquitter ce défaut.

III Développement d'une interface Homme-Machine (IHM)

A) Problématique

Une machine contrôle une pièce à l'aide de deux caméras In-Sight 7050 en tableur. La pièce est la suivante :

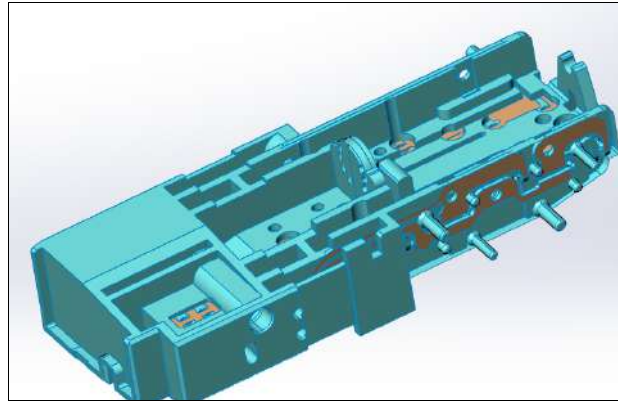


Fig. 16 : Modèle de la pièce

Cette pièce sert à l'assemblage d'une commande radio avec une partie métallique sur les côtés et une emplacement au centre pour une molette qui permettra à l'utilisateur final de sélectionner une station de radio en particulier.

En plus des nombreux contrôles visuels, la pièce sera soumise à un contrôle électrique pour vérifier la connectique et du déshuntage. Un robot SCARA gère l'acheminement des pièces.

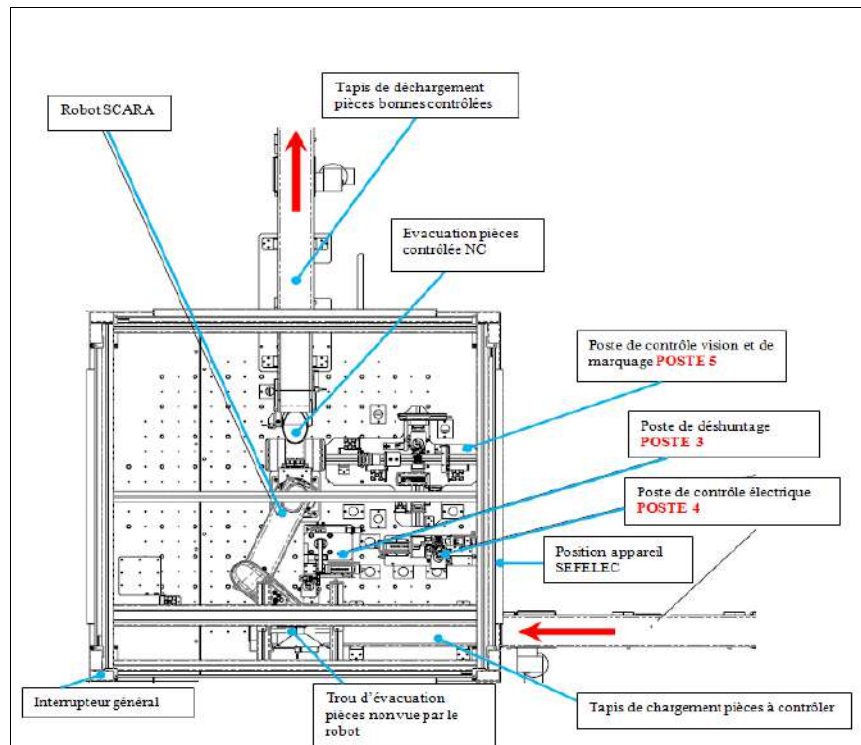


Fig. 17 : Plan de la machine du dessus

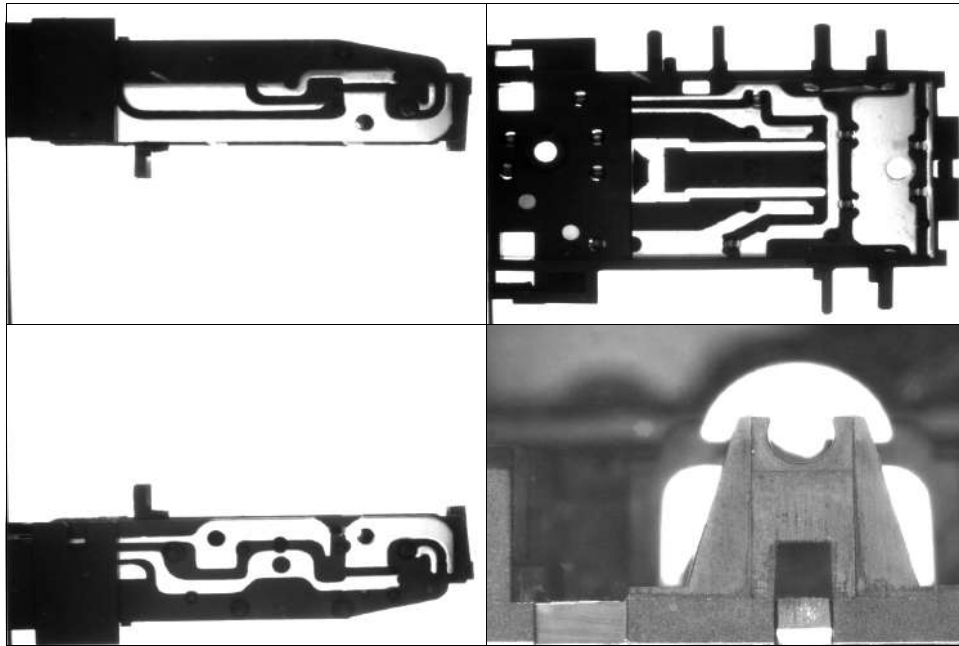


Fig. 18 : Images des deux caméras

La première caméra inspecte la pièce en contre-plongée. La pince faisant des $\frac{1}{4}$ de tour, on inspecte trois faces d'une même pièce à la suite. La pièce est ensuite inspectée par une autre caméra en face qui vérifie l'embout avant de la pièce. La pièce inspectée est ensuite mise sur un tapis roulant vers la mise en carton si elle est jugée bonne ou rejoint les rebuts dans le cas contraire.

Le principal problème est que le nombre de contrôle est assez élevé (plus de 20 en tout) puisque la forme de la pièce est complexe. Or, l'IHM (interface homme-machine) ne permet pas d'identifier aux utilisateurs de la production les outils de la caméra en défaut pour analyser les images en échec. Un exemple est donnée dans la figure suivante où on voit un contrôle positif et un contrôle négatif. Le défaut est tel que la patte la plus à gauche en en haut n'est pas tout à fait droite (écart de 3 degrés penchant vers la gauche de l'image). Mais rien n'indique que le pion H était le pion qui se trouvait à gauche de l'image. Il faut donc plus d'informations visuelles. Même problème pour la caméra 2 . La meilleure idée serait l'affichage de rectangles rouges avec une brève description qui montreraient la ou les zone(s) contrôlées afin de mieux comprendre le défaut.

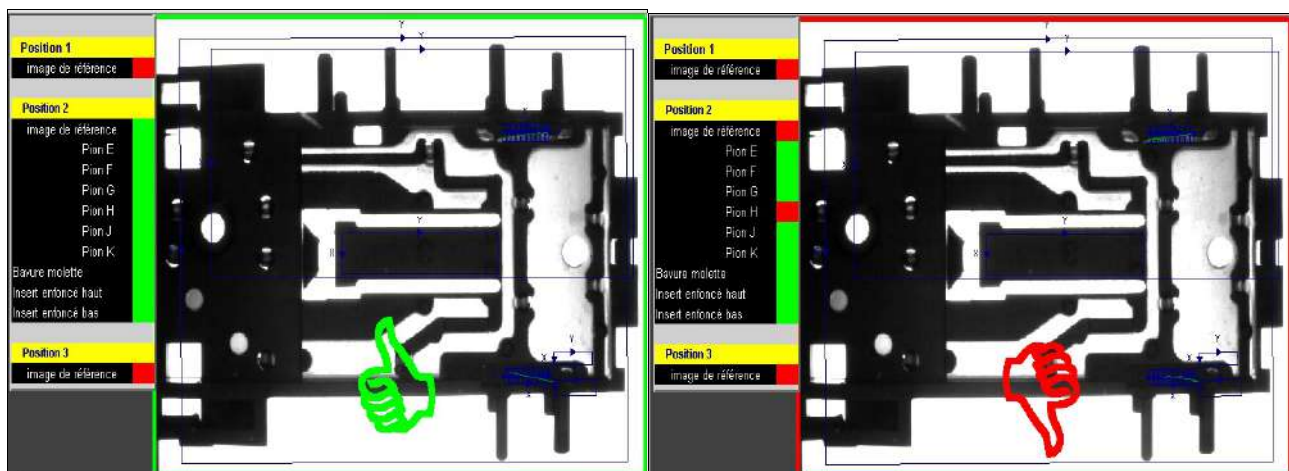


Fig. 19 : Ancienne interface

B) Modification du programme

Les nouvelles IHM donnent le résultat suivant.

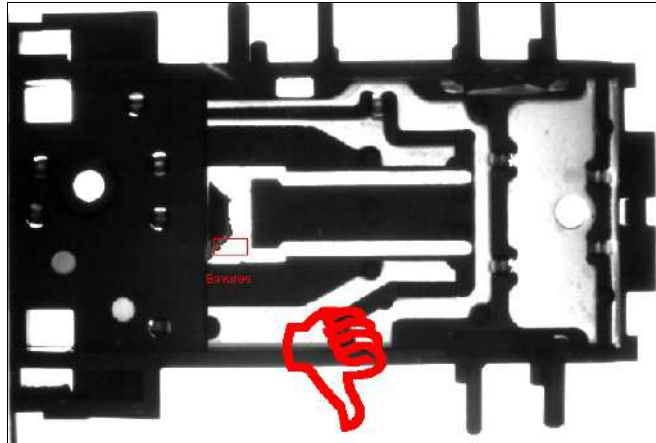


Fig. 20 : Affichage des défauts à l'écran

On utilise les outils du tableau PlotLine pour créer les rectangles et PlotString pour afficher le texte. Nous voulons que les rectangles et le texte ne s'affichent que si le résultat du contrôle est à 0. Bien entendu, les rectangles ne s'affichent pas en cas de résultat positif (=1).

Il faut pour cela utiliser l'outil "État de la cellule/activé sous condition/référence conditionnelle absolue/sélectionner une cellule" et la fonction "Not(\$X\$N)" qui inverse la cellule XN (colonne X, ligne n° N), à condition que la cellule XN affiche un entier 1 ou 0.

Dans la figure 14, on remarque que le contrôle de la molette comporte un défaut. Un des résultats est à 0. Les 2 autres contrôles sont positifs donc à 1. Des voyants permettent de montrer rapidement le résultat. Les cellules "Plot" sont en gris clair si non activées et noires si activées. Dans ce cas, le plot activé est celui de la bavure 2 car elles sont activées sous la condition de la cellule qui inverse le résultat (voir flèches en bleu). Le voyant dépend quand à lui du résultat.

Bavure molette 1	1,000	0,000	Plot	Plot	Plot	Plot	Plot	Plot	Plot	BON
Bavure molette 2	0,000	→ 1,000 →	Plot	Plot	Plot	Plot	Plot	Plot	Plot	MAUVAIS
Bavure molette 3	1,000	0,000	Plot	Plot	Plot	Plot	Plot	Plot	Plot	BON
Défaut	Résultat	Inv(résultat)	Tracé du rectangle en rouge					Legende		

Fig. 21 : Exemple d'affichage sous condition

Avant implantation dans la machine, il doit avoir une validation des utilisateurs de la production et de la qualité c'est à dire s'assurer que la légende correspond aux attentes de la production. Après tests auprès de divers étalons, les programmes ont été bien enregistrés dans les deux cameras. Les défauts détectés sont donc maintenant mieux détectés.

IV Intégration de capteurs de vision de la gamme In-Sight 2000 sur machines automatiques

A) Contrôle de l'assemblage d'une antenne

1) Introduction

Une machine de l'atelier de surmoulage et d'assemblage réunit des boîtiers en plastique moulées et des antennes en métal semblables à celles produites sur la machine de la partie II à l'aide d'un robot Scara EPSON le long d'un tapis roulant. Un autre robot Scara EPSON conditionne les pièces en alvéoles. La machine palettise automatiquement les alvéoles par piles de 9 correspondant à la quantité contenue dans les cartons de conditionnement. La cadence horaire est de 1050 pièces/heure soit une pièce assemblée toutes les 3,5 secondes .

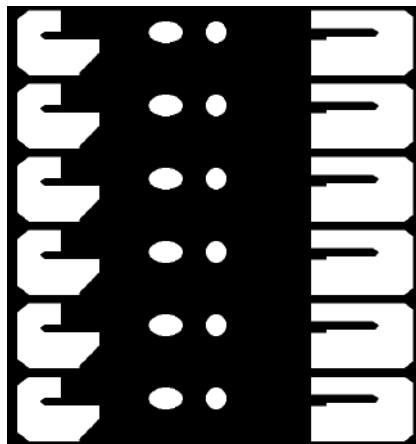


Fig. 22 : Schéma de la bande

Une caméra MIS-1050 vérifie l'intégrité de la bande (pins non tordus et présence du cercle) et les antennes sont produites à l'aide de presses de découpage. En théorie, les bouts de métal inutiles (copeaux) tombent dans un bac mais il arrive que ces copeaux restent sur la machine et déforment les antennes. On dit que ces copeaux remontent.

Le problème vient d'un manque de contrôle en fin de chaîne. Seul un capteur laser vérifie la présence de l'antenne (en cas de défaut, la machine s'arrête entièrement) mais il ne permet pas de vérifier une antenne tordue à cause d'un copeau remonté.

Afin de s'assurer que les pointes sont droites, un "masque" vient descendre sur la pièce et un capteur vérifie qu'aucune pointe entre en collision avec ce masque. Sinon, la pièce est directement rebutée. Mais comme le masque est en métal, il écrase les pointes sans avertir de la collision. Les pièces mauvaises se retrouvaient ensuite dans les pièces bonnes. D'où l'intérêt du contrôle de la caméra. La seule solution pour empêcher de livrer de mauvaises pièces aux clients était de vérifier "à la main" chacune des pièces produites.

2) Différentes modifications sur la machine

a) Élimination des copeaux

La façon la plus efficace de se débarrasser de ces débris est de les aspirer. La solution retenue est l'utilisation d'un transporteur pneumatique appelé un venturi installé sous l'outil à la verticale qui dirige les débris vers le bac à copeaux par aspiration. Un venturi est un large tube en inox qui se sert de l'effet Venturi pour aspirer les débris.

L'effet Venturi, découvert par le physicien italien, Giovanni Battista Venturi, peut être expliqué par

le théorème de Bernoulli sur la dynamique de la mécanique des fluides. En effet, en tout point :

$$\frac{1}{2} v^2 + g z + \frac{P}{\rho} = \alpha$$

α est une constante réelle, v est une vitesse en m.s^{-1} , g est l'accélération de la pesanteur en m.s^{-2} , z est une altitude en m, P est une pression en Pa (ou N.m^{-2}) et ρ est une masse volumique en kg.m^{-3} . Tous les termes sont donc en $\text{m}^2.\text{s}^{-2}$.

Or, le tube de Venturi a cette forme-ci en coupe :

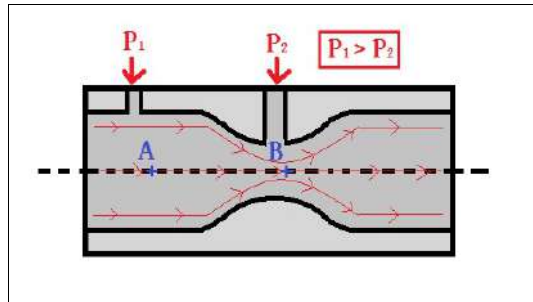


Fig. 23 : Effet Venturi

Au point A, on applique une pression P_1 . Au point B, de même une autre pression P_2 tel que $P_1 > P_2$. Comme le réel α est constant est que la pression P diminue au point B, la vitesse v augmente. Il y a une accélération des fluides au point B. D'où le phénomène d'aspiration. Un tel tube est donc alimenté par de l'air avec des tuyaux pneumatiques en P_1 (P_1 vaut entre 2 et 6 bars alors que P_2 est la pression atmosphérique (soit 1 bar)) pour créer le fluide qui transportera les débris et le phénomène d'aspiration. Un travail avec un automatique, les utilisateurs de la production et les techniciens des méthodes permet ensuite le fonctionnement du système pneumatique.

b) Installation de la caméra

Nous rappelons que la pièce jugée bonne est déchargée de son posage au poste P15 avec le second robot Scara EPSON et mise en alvéoles. Pour des raisons d'encombrement, la camera a été implantée au poste 14 (juste avant le poste de déchargement du transfert).

La caméra recommandée est le capteur de vision In-Sight 2000 de modèle 130. En effet, le modèle 130 est le modèle le mieux développé et nous ne savons pas à l'avance quel sera l'outil le mieux adéquat pour le contrôle.

En utilisant l'éclairage intégré de la caméra qui est équivalent à un éclairage direct, on obtient à l'écran l'image suivante :

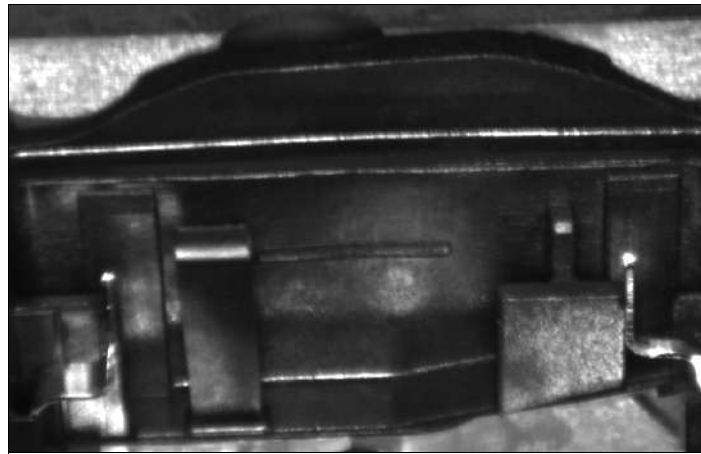


Fig. 24 : Vue de la caméra

Les deux pointes de l'antenne sortent blanches. On utilise donc un comptage de pixels blancs pour les deux pointes (entre 2 et 400 pixels pour des niveaux de gris compris entre 105 et 255). On obtient donc à l'écran :

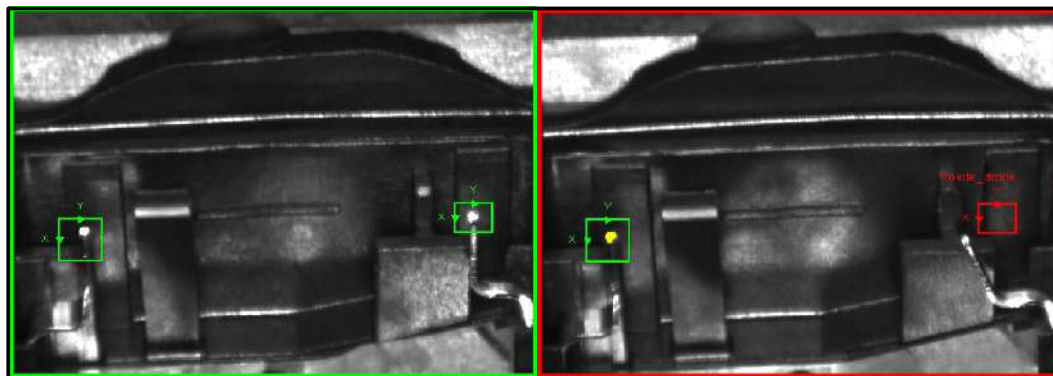


Fig. 25 : Résultat du contrôle

Afin de mieux éclairer les broches, la caméra a dû être réglée plus en hauteur et avec un temps d'exposition plus long.

Un travail avec l'automaticien a permis d'améliorer les cycles des postes de la machine afin que l'image soit plus nette. En effet, à cause de vibrations engendrées par le contrôle géométrique, l'image était par moments floue et générait des faux-rebut.

Malgré quelques aléas d'éclairages, les résultats de ce contrôle semblent satisfaisants et cette intégration a sûrement des chances de s'appliquer à une machine similaire à celle-ci.

Cependant, si on compare les différents outils disponibles et sachant que l'outil utilisé est un comptage de pixels gris :

Modèles	Outils disponibles
110	Modèle, logique (or, and, if)
0	Histogrammes (luminosité et contraste), modèle, logique, nombre de pixels
130	Histogramme, modèle, detection de bords ou d'un cercle, nombre de pixels (gris ou couleur) mesures d'une distance ou d'un angle, comptage de bords ou de modèles, logique

On remarque qu'un capteur de vision de modèle 120 est suffisant. La caméra 130 n'est pas optimisée. De plus, un capteur de vision de modèle 120 coûte 1 300 € alors que le modèle 130 coûte 2 000 € soit un prix de + 65 % que le modèle 120.

Donc si on veut installer les deux caméras avec le même programme (une par machine), on économise un modèle 130 en achetant deux modèles 120.

B) Réutilisation du capteur de vision 2000 modèle 130

1) Introduction

Une machine contrôle deux références de pièces surmoulées à l'aide de deux caméras (une de dessus et une en dessous avec des éclairages extérieurs) DVT Cognex 515 qui défilent sous formes de bandes et qu'on découpe en fin de chaîne de production pour obtenir les pièces.

Les bandes ressemblent à cela (la vue de la camera du dessous est identique en retourné horizontalement et verticalement) :

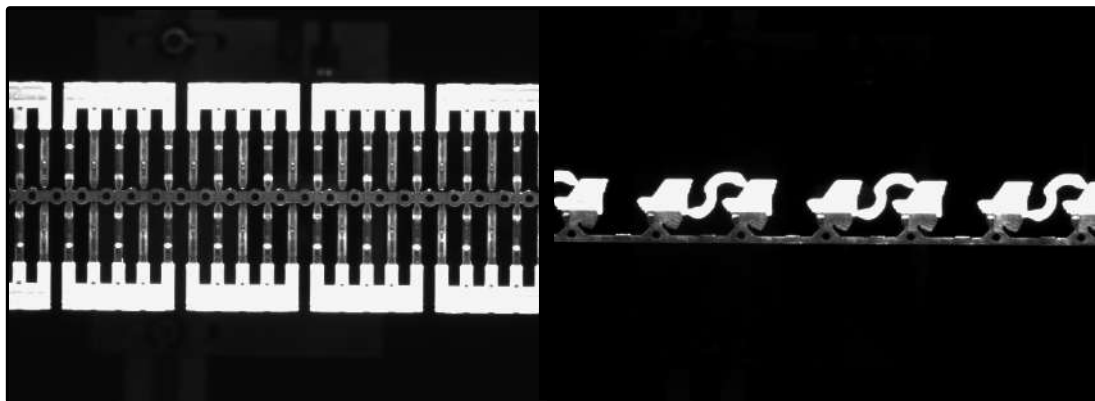


Fig. 26 : Vue de la caméra du dessus pour les deux références

L'image de gauche est une bande de "shunts". L'image de droite est une bande de "couteaux". À chaque fois que l'on décide de changer de référence, la gamme de contrôle est différente et on doit commuter le programme des caméras.

On a donc décidé de prendre le problème autrement. Au lieu d'avoir une paire de caméras qui a deux programmes, on aurait deux paires de caméras qui ont chacun leurs programmes respectifs avec une distance de travail optimal. On conserve les 2 caméras DVT COGNEX 515 pour les bandes "Shunt" et on envisage d'utiliser 2 capteurs de vision In-Sight 2000 modèle 130 pour contrôler la bande de "couteaux".

2) Faisabilité

Les contrôles à établir sont les suivants :

- Le moulage plastique ne doit comporter aucune bavure ou manque de matière
- Toute bavure métallique ne doit pas dépasser une largeur de 0.2 mm
- Les zones en rouge sont des zones fonctionnelles donc aucune bavure plastique doit y être
- Le pas doit rester constant
- La bande doit être droite
- Le trou doit être présent sur chaque pièce

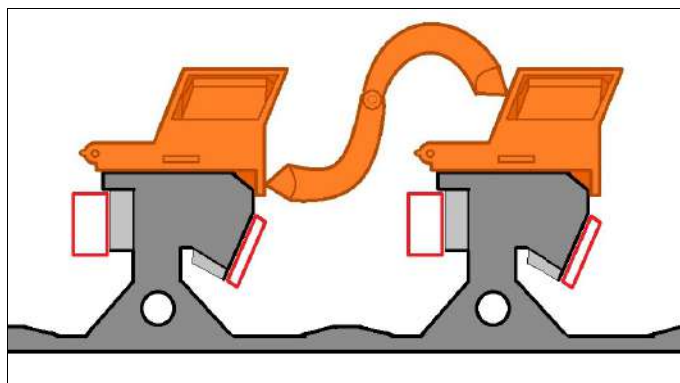


Fig. 27 : Schéma de la pièce

Le champ de vision optimal est de $40 \times 23 \text{ mm}^2$. Les caractéristiques de la caméra à utiliser sont les suivantes :

Modèle	Résolution d'écran	Taille du capteur	Distance focale
IS 2000-130	640x480	4.8 x 3.6	Objectif : 16 / Bague : 5

En définissant :

- ♦ La distance focale de l'objectif de la caméra $f = 21$
- ♦ Le champ de vision $L = 23$
- ♦ La diagonale du capteur $SZ_{CAPT} = \sqrt{Hc^2 + Lc^2} = \sqrt{4.8^2 + 3.6^2} = \sqrt{23,04 + 12,96} = \sqrt{36} = 6$
- ♦ La résolution de l'écran A x B (ici 640x480)
- ♦ Le plus petit détail voulu $\Delta = 0.2$

On peut s'assurer de la faisabilité de la caméra avec l'équation :

$$2 * L / \Delta < B$$

Pour calculer la distance de travail, on utilise l'équation :

$$f * L = \sqrt{Hc^2 + Lc^2} * WKD$$

On en déduit donc que la distance de travail $WKD = 80.5 \text{ mm}$. On conclut que les facteurs d'échelles en X et Y sont :

$$\Phi_X = 43.75 \mu\text{m.px}^{-1}$$

$$\Phi_Y = 62.5 \mu\text{m.px}^{-1}$$

3) Prototype du programme

Le programme se fait sur Easy Builder.

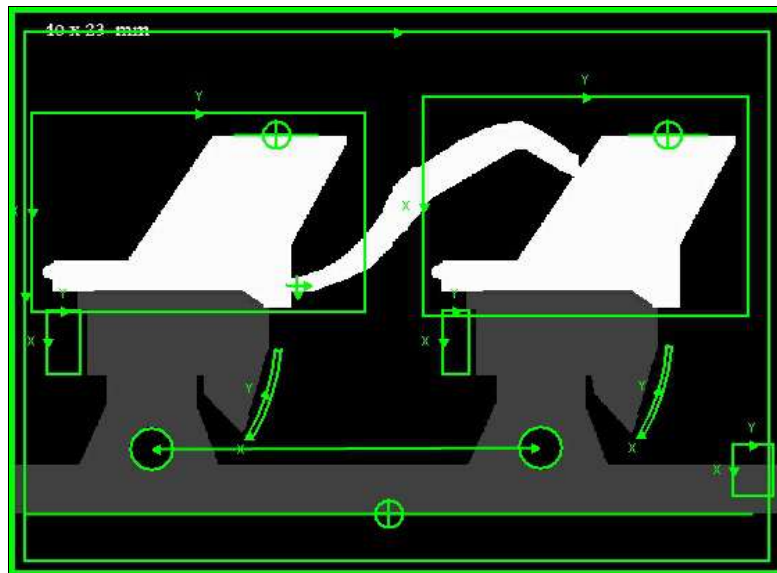


Fig. 28 : Programme en émulateur

Les outils utilisés sont :

- Détection de cercle : présence du trou
- Modèle
- Détection de lignes : bord linéaire et aucune bavure plastique
- Comptage de pixels : absences de bavures (plastiques ou métalliques)
- Mesure d'une distance : mesure d'entre-axe

On contrôle les incomplets plastiques en comptant N pixels blancs avec une tolérance $\pm \varepsilon$. En se fixant une tolérance T_M et avec un facteur d'échelle Φ , la tolérance T_M peut être convertie en pixels $T_P = T_M / \Phi$. Ici, $\Delta = 0.2 \text{ mm} = 3 \text{ px}$. Les bavures métalliques sont vérifiées en comptant que des pixels noirs à T_P pixels du bord de la pièce. Si un quelconque pixel autre que noir est détecté, la bavure sera supérieure à la tolérance T_P et donc non acceptée.

V Conclusion

Ce stage de fin d'études de Master 2 m'a permis tout d'abord d'en savoir plus sur la vision industrielle à travers plusieurs exemples avec les produits de la marque COGNEX. D'ailleurs, même si les capteurs visuels sont d'une autre marque (tout comme KEYENCE par exemple), on s'aperçoit à travers ces exemples toutes les enjeux et contraintes de la vision industrielle. L'enjeu est une production plus automatisée bien sûr mais les contraintes sont plus difficiles qu'elles en ont l'air. Des contraintes avec la production ou des contraintes, disons plus techniques, comme l'éclairage ou de la programmation robuste.

Cela donne une réelle idée des conditions professionnelles avec la théorie dans l'ingénierie. En effet, ce stage m'a donné l'occasion de ne pas simplement programmer des caméras en découvrant un logiciel dont je n'avais pas idée de son existence mais aussi de voir la direction de projets, la rédaction de cahiers des charges, les relations entre les clients ou fournisseurs.

Mais une entreprise ne se résume pas uniquement à un chiffre d'affaires ou des investissements mais aussi des rapports humains. Ce qui amène à une deuxième leçon qui est aussi vrai pour les relations externes de l'entreprise que j'ai cité dans le paragraphe précédent. Le travail d'équipe entre les différents responsables ou utilisateurs qui constituent l'entreprise. Dans ce cas, on parle de relations internes. J'ai donc rapidement vu une relation amicale et confiante mais sérieuse entre chaque groupe voire chaque membre de l'entreprise. Cette prise de responsabilité, de bonnes communications, de la vigueur et de la réflexion contribuent ensuite au bien-être de l'entreprise. Sans trop de prétention, je suis content d'avoir partagé mes connaissances à autrui et être utile tout en avoir fait un saut dans l'inconnu qui me permet de boucler la boucle avec mes études supérieures. Je remercie donc encore toute l'entreprise de m'avoir bien accueilli et de m'avoir donné cette expérience précieuse dans le monde de l'entreprise.

ANNEXE 1 : Rappels d'optique et vision industrielle

1) Distances

En optique géométrique, une caméra est faite d'une surface sensible (CDD ou CMOS) et une lentille qui a une certaine distance focale f . Les deux rayons de lumières extrêmes (haut et bas de la surface sensible) se croisent en un point dans la distance focale, continuent leur route et rencontrent la lentille. Les rayons sortent parallèles et forme le champ observé et la distance de travail entre l'objectif et le sujet. On peut remarquer que l'image sera inversée sur la surface sensible.

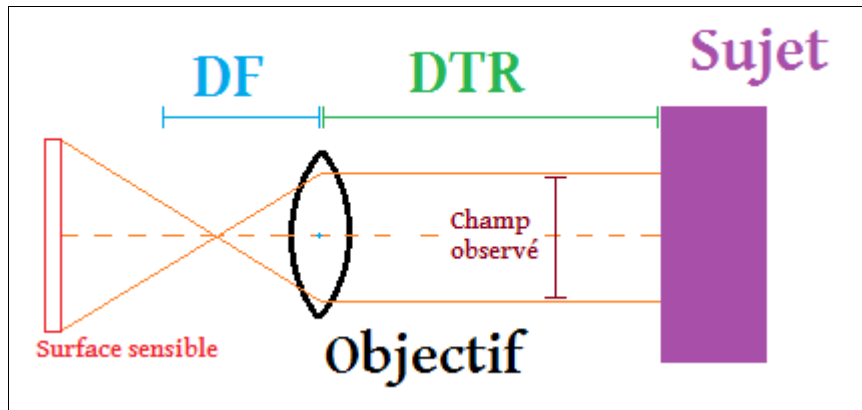


Fig. 29 : Terminologie optique (ici, la distance focale est trop courte)

Dans le cas des caméras COGNEX, la distance entre le foyer optique (le centre de la lentille) et la surface sensible est la distance focale de la lentille.

Les distances, focale et de travail, de la caméra altèrent beaucoup l'image obtenue.

En effet, si la distance focale est grande, le champ de vision est réduit (si on veut obtenir l'image réelle d'un objet réel) donc la distance de travail devra aussi augmenter pour avoir un large champ de prise de vue. Si la distance focale est trop courte, les bords de l'image seront déformés en raison de la forme de la lentille). De plus, la caméra a un diaphragme, un dispositif mécanique qui augmente ou diminue la quantité de lumière admise dans l'appareil qui éclaire le sujet et qui viendra frapper la surface sensible. L'ouverture du diaphragme est désignée par la lettre F suivi d'un réel.

Plus ce réel est important, plus le diamètre du diaphragme est petit.

Enfin, il y a la profondeur de champ qui est l'ensemble des zones de netteté devant et derrière le sujet. Cette profondeur dépend de tous les paramètres décrits avant : cette profondeur est faible si le diaphragme est trop ouvert, la distance focale est trop longue ou la distance de travail est trop faible. L'image sera lumineuse ou floue (pixels trop grossiers) et perdra donc en précision.

2) Éclairage

Pour la formation d'images, il faut aussi tenir compte de l'éclairage.

D'abord, une surface peut avoir plusieurs réactions différentes à la lumière comme l'absorption (surface sombre), la transmission (surface transparente), la réflexion ou l'éparpillement (surfaces brillantes) ou l'émission (source de lumière).

Ensuite, comment optimiser un éclairage ? Il faut bien contraster la zone à contrôler et éviter toute perturbation (ombres, lumière extérieure). On a plusieurs facteurs : la direction de l'éclairage, la couleur de l'éclairage et la présence de filtres sur l'objectif :

- Direction de l'éclairage

Il existe 5 possibilités d'éclairer une pièce :

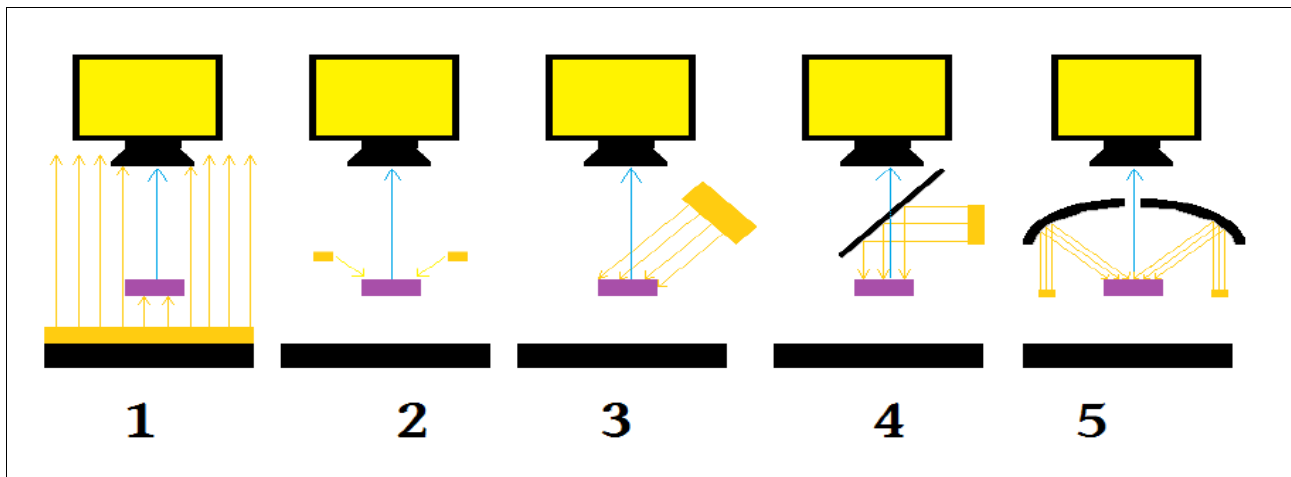


Fig. 30 : Cinq éclairages possibles

- rétro-éclairage (1) : éclairage de la pièce par dessus où l'image est fortement contrasté par un effet d'ombres chinoises
- éclairage darkfield (2) : éclairage en forme d'anneau qui fait ressortir les différences de niveau
- éclairage direct (3) : éclairage directement sur la pièce mais risque de gêner la caméra par une réduction du champ de vision et donne des ombres non maîtrisées
- éclairage dans l'axe co-axial (4) : utilisation d'un miroir qui réfléchit uniquement une seule face pour éclairer la pièce directement sans nuire au champ de vision de la caméra
- éclairage multi-angles (5) : diffusion de lumière avec un dôme doté de miroirs afin de faire sortir des différences de niveaux ou des teintes.

• Couleur de l'éclairage et filtres

La lumière blanche est dite polychromatique soit faite de plusieurs couleurs (rouge, vert et bleu). En optique, une longueur d'onde λ en nm est attribuée à chaque couleur. La couleur rouge a une longueur d'onde comprise entre 625 et 740 nm alors que le violet entre 380 et 446 nm. Le spectre visible par l'œil humain est donc compris entre 740 et 380 nm. Au-delà, ce sont les infrarouges (IR), en dessous, ce sont les ultra-violets (UV).

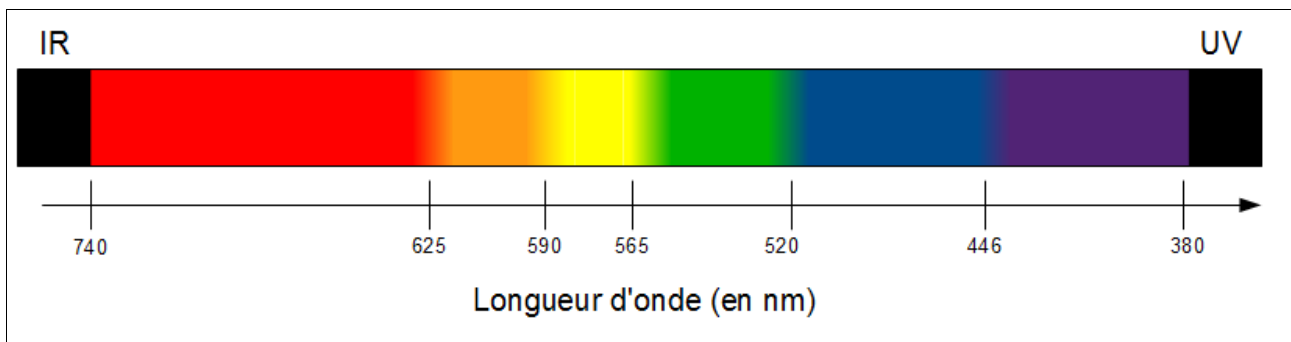


Fig. 32 : Spectre de la lumière blanche

On remarque que les couleurs rouges représentent une grande partie du spectre et ont des grandes longueurs d'ondes. Ceci explique pourquoi les éclairages industriels sont rouges. Alors comment obtenir des images en niveaux de gris sans risques de parasites (lumière extérieure) ?

En utilisant des filtres passe-bande. On met devant le cache un filtre translucide rouge qui ne laissera passer que des ondes dont leur longueur est comprise entre 740 et 625 nm. On obtient des images monochromatiques rouges que la caméra convertit ensuite en niveaux de gris (les couleurs rouge, jaune et orange donnent du blanc, les couleurs bleu et vert donnent du noir et le violet donne

du gris foncé). On peut faire de même avec un éclairage bleu sachant que les couleurs bleus ont des longueurs d'ondes variables entre 520 et 446 nm.

Mais comment faire si on n'a qu'un éclairage blanc disponible ? On utilise dans ce cas, des polariseurs. Une onde est constituée de 3 signaux sinusoïdaux de même fréquence mais une dans chaque plan de l'espace (XYZ). Un filtre polarisateur ne laisse passer d'une de ces 3 ondes selon un plan particulier (XY, XZ ou YZ). Les reflets de lumière sont éliminés.

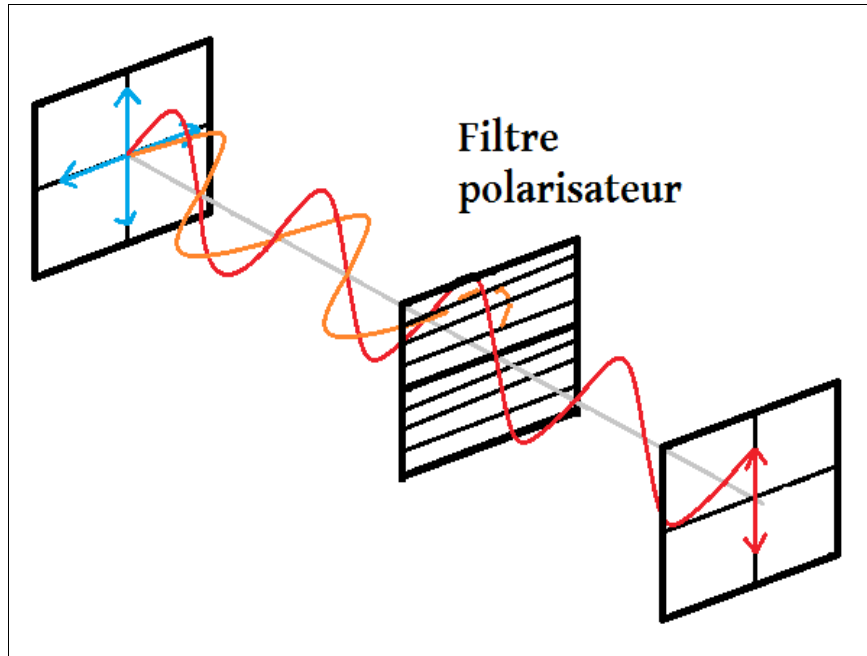


Fig. 33 : Principe d'un filtre polarisateur

Enfin, on peut utiliser des différences de couleur entre le support et l'éclairage pour créer du contraste. Un disque rouge éclairé avec une lumière rouge donnera une image lumineuse (très gris clair). Au contraire, un disque vert éclairé par cette même lumière rouge donnera une image contrastée et assombrie.

ANNEXE 2 : Documentation sur les différents produits Cognex

1) A propos ...

COGNEX est le leader mondial de la vision industrielle depuis plus de 35 ans, avec 500 partenariats de distributions, des filiales dans 20 pays différents, 521 millions de dollars de recettes en 2016, plus d'un million de systèmes installés dans le monde entier, les gammes de produits COGNEX ont comme vocation de toujours améliorer la performance et la qualité des chaînes de production de ses clients et leur permettre de réduire les coûts de fabrication de leurs produits.

COGNEX donne entière satisfaction à ses clients en raison d'une large étendue de solutions et le plus grand réseau d'experts de la vision industrielle au monde qui s'adaptent à tous les types de besoins imaginables. Construisez votre application de vision !

Les produits COGNEX peuvent se diviser en plusieurs types :

- ◆ Lecteurs de code barres
- ◆ Capteurs de vision 2D
- ◆ Caméras et capteurs de vision 3D
- ◆ Systèmes de profilage Laser
- ◆ Support multi caméras VC-200

Nous nous intéresserons dans ce rapport qu'aux capteurs de vision 2D en deux grands groupes : In-Sight et Micro-In-Sight. Tous ces produits sont livrés avec un logiciel que nous détaillerons plus tard : In-Sight Explorer.

2) Caméras In-Sight

Il existe 51 modèles In-Sight dont 9 en couleurs. Ce tableau donne quelques caractéristiques des autres modèles :

Modèles	Résolution (px)	Ffps	Profondeur (bits)	Entrées (Inputs)	Sorties (Outputs)	Ethernet	In-Sight Explorer (EasyBuilder et tableur)				
5100 et 5110	640x480	60	256 gris	2 trigger (+ / -)	2 discrètes	8 pins	Version 4.4.3				
5100 C			24 couleur								
5400 et 5410			256 gris								
5400 C			24 couleur								
5401 et 5411	1024x768	17	256 gris					2 trigger (+ / -)	2 discrètes	8 pins	Version 4.4.3
5403 et 5413	1600x1200	14									
5600 et 5610	640x480	60									
5603 et 5613	1600x1200	14									
5604 et 5614	Acquisition lin. 1 Ko	44 Ko/s									
5605 et 5615	2448x2048	15									
5705 et 5715		16									
5705 C		14									
7010, 7020, 7050, 7200, 7210, 7230, 7400, 7410 et 7430	800x600	102		256 gris	- 3 entrées discrètes dont la première pour un recepteur RS-323 - 1 entrée	- 3 sorties discrètes dont la première pour un transmetteur RS-323	8 pins				
7010 C, 7200 C, 7400 C		50	24 couleur								

7402, 7412 et 7432	1280x1024	60	256 gris	commune	- 1 sortie commune		
7402 C		30	24 couleur	- 1 trigger			
7600 et 7800	800x600 / 640x480	165 / 217	256 gris	- 1 trigger	- une sortie commune	8 pins (4 TxRx +/- A,B,C ou D)	Version 5.4.0
7801	1280x1024	76		- 2 entrées discrètes qui peuvent aussi servir de sorties	- 2 sorties discrètes (4 si on compte les entrées interchangeables)		
7802	1600x1200	53		- 1 entrée commune - un recepteur RS-232	- 1 transmetteur RS-232		
8200	640x480	60	256 gris	2 trigger (+ / -)	- 2 sorties discrètes - 1 sortie comune	8 pins (4 TxRx +/- A,B,C ou D)	Version 5.2.0
8400		217					
8401	1280x1024	76					
8402	1600x1200	53					
8405	2592x1944	10					Version 5.1.1

La plupart de ces capteurs de vision permettent une détection des contours, des bords, de défauts, de surface (notamment avec des histogrammes), une reconnaissance géométrique, une vérification optique de caractères (lettres ou chiffres), et une lecture de codes-barres.

Cas particulier parmi tous ces produits : les systèmes de vision 5604 et 5614. La résolution n'est pas en pixels mais en acquisition linéaire (1 Ko) et la vitesse est en Ko/s.

En effet, le système sert à lire en continu des codes-barres ou des logos imprimés sur du papier, par exemple, défilant sur un tapis roulant. Une lumière rouge éclaire un bout du tapis roulant, effectue le contrôle et fait de même avec la "suite" du tapis roulant. On forme enfin un "panorama" des images contrôlées sur un écran 2045x1020.

Nous allons nous intéresser à une gamme de caméras particulières : les caméras 2000. Les capteurs de vision In-Sight 2000 par Cognex combinent tous les avantages d'une caméra In-Sight avec un éclairage LED intégré et plusieurs filtres passe-bande (blanc, bleu ou rouge) ou polarisateurs et optiques de différentes tailles possibles en mm (3.6 , 6, 8, 12, 16 ou 25). L'alimentation est sur 24 V et comme le reste des produits COGNEX, le réseau utilisé est Ethernet.



Il existe à ce jour 3 modèles différents avec 2 variantes : IS-2000 110, IS-200 120 et IS-200 130. On peut remarquer que les modèles 120 et 130 peuvent avoir un éclairage monochrome, par niveaux de gris ou en couleur (IS-2000 120C et IS-2000 130C).

L'avantage principal de cet équipement est l'éclairage à LED qui permet un éclairage diffus, rendant le contrôle visuel robuste et faisant des économies d'éclairage extérieur. La programmation se fait sur Easy Builder.

Fig. 34 : Aspect du capteur

Le tableau suivant récapitule les différences notables entre les modèles 110, 120 et 130 :

Modèles	Résolution (px)	Fps	Profondeur (bits)	In-Sight Explorer (Easy Builder)	Grossissement	Outils disponibles
110	640x480	40	256 gris	Versions 5.2.3 pour les monochromes et 5.3.0 pour les couleurs	Indisponible	Modèle, logique (or, and, if)
120		75			2 fois	Histogrammes (luminosité et contraste), modèle, logique, nombre de pixels couleur (si 120 C)
120 C		60	24 couleur			
130	640x480/800x600	75	256 gris			Histogramme, modèle, detection de bords ou d'un cercle, nombre de pixels (gris ou couleur) mesures d'une distance ou d'un angle, comptage de bords ou de modèles, logique
130 C		55	24 couleur			

On a donc en premier temps le modèle 110 qui était le prototype. La résolution est classique, la vitesse est basse (40 images par secondes) et en gris. Ensuite, la vitesse a été augmenté et les traitements pour couleur a été détecté. Les outils ont été légèrement modifiés. Un grossissement a été ajouté. Enfin, une autre résolution a été ajoutée avec plus d'outils.

Nous allons ensuite nous intéresser au câblage. Tous les modèles In-Sight 2000 ont deux câbles : un câble Ethernet et un câble d'entrées et sorties. Le câble Ethernet comporte 8 pins alors que le câble I/O (entrées et sorties) a 12 fils de couleurs différentes.

N°	Nom du signal	Couleur
1	HS OUT 2	Jaune
2	RS-232 Tx	Blanc et jaune
3	RS-232 Rx	Marron
4	HS OUT 3	Blanc et marron
5	IN 0	Violet
6	INPUT COMMON	Blanc et violet
7	+24V DC	Rouge
8	GND	Noir
9	OUTPUT COMMON	Vert
10	TRIGGER	Orange
11	HS OUT 0	Bleu
12	HS OUT 1	Gris

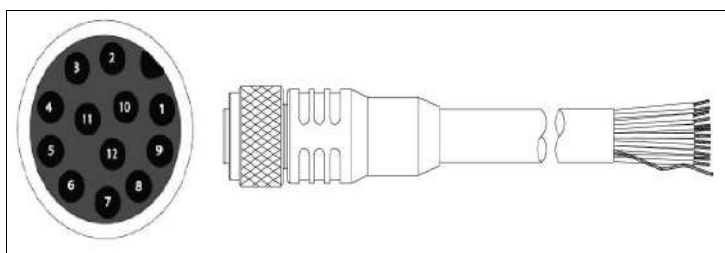


Fig. 35 : Spécifications du câble I/O (IS 2000)

N° pin PC	Nom du signal	N° pin Caméra
1	TxRx A +	1
2	TxRx A -	2
3	TxRx B +	3
6	TxRx B -	4
7	TxRx D +	5
8	TxRx D -	6
5	TxRx C -	7
4	TxRx C +	8

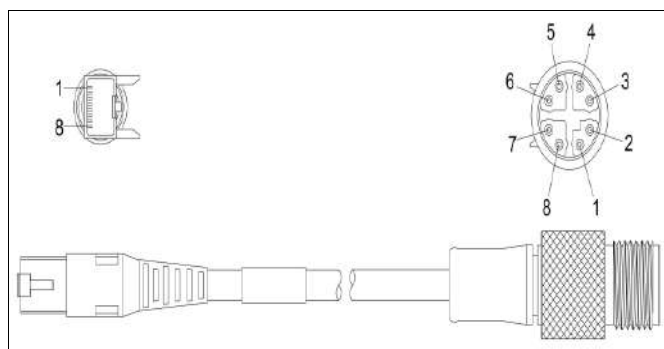


Fig. 36 : Specifications du câble Ethernet (IS 2000)

3) Caméras Micro-In-Sight

Il existe 14 modèles Micro-In-Sight dont 3 en couleurs. Ce tableau donne quelques caractéristiques des ces caméras tout comme le tableau précédent :

Modèles	Résolution (px)	Ffps	Profondeur (bits)	Entrées (Inputs)	Sorties (Outputs)	Ethernet	In-Sight Explorer (EasyBuilder)
1020, 1050, 1100,1110, 1400 et 1410	640x480	60	256 gris	2 trigger (+ ou -)	- 2 sorties discrètes - 1 sortie comune	8 pins (2 modes A et B)	Version 4.4.3
1100 C et 1400 C		58	24 couleur				
1402 et 1412	1280x1024	60	256 gris				Version 4.6.0
1403 C	1600x1200	7	24 couleur				Version 4.4.3
1403 et 1413		14	256 gris				
1500	640x480 / 800x600	213 /157					

Le câble I/O comporte 5 fils de couleurs différentes. Les spécifications des câbles sont données ci-dessous :

N°	Nom du signal	Couleur
1	HS OUT 0	Marron
2	HS OUT 1	Blanc
3	TRIGGER +	Bleu
4	TRIGGER -	Noir
5	HS COMMON	Gris

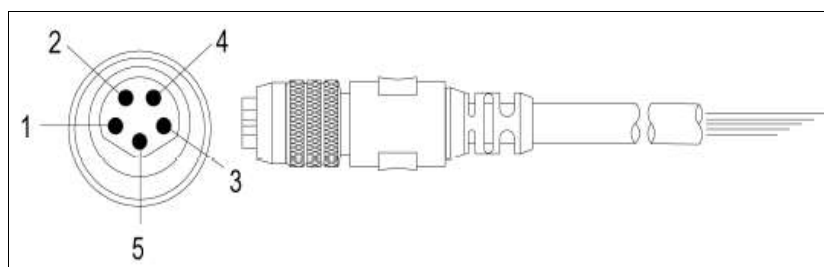


Fig. 37 : Spécifications du câble I/O (MIS)

N° pin PC	Nom du signal	Mode	N° pin Camera
5	+48VDC	B	1
7	+48VDC RTN	B	2
8	+48VDC RTN	B	3
2	TPO-/ +48VDC	A	4
3	TPI+/ +48VDC RTN	A	5
1	TPO+/ +48VDC	A	6
4	+48VDC	B	7
6	TPI-/ +48VDC RTN	A	8

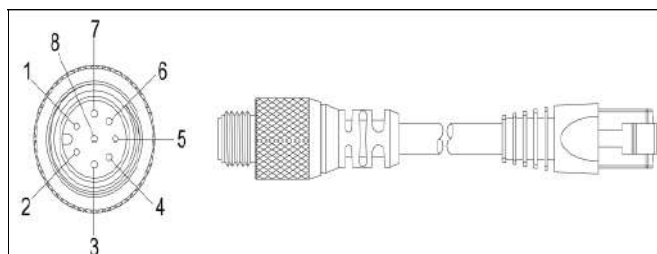


Fig. 38 : Spécifications du câble Ethernet (MIS)

ANNEXE 3 : Tutoriel pour débutant intermédiaire sur In-Sight Explorer

1) Tutoriel sur Easy Builder

a) Introduction

L'interface d'Easy Builder est représentée ci-contre :

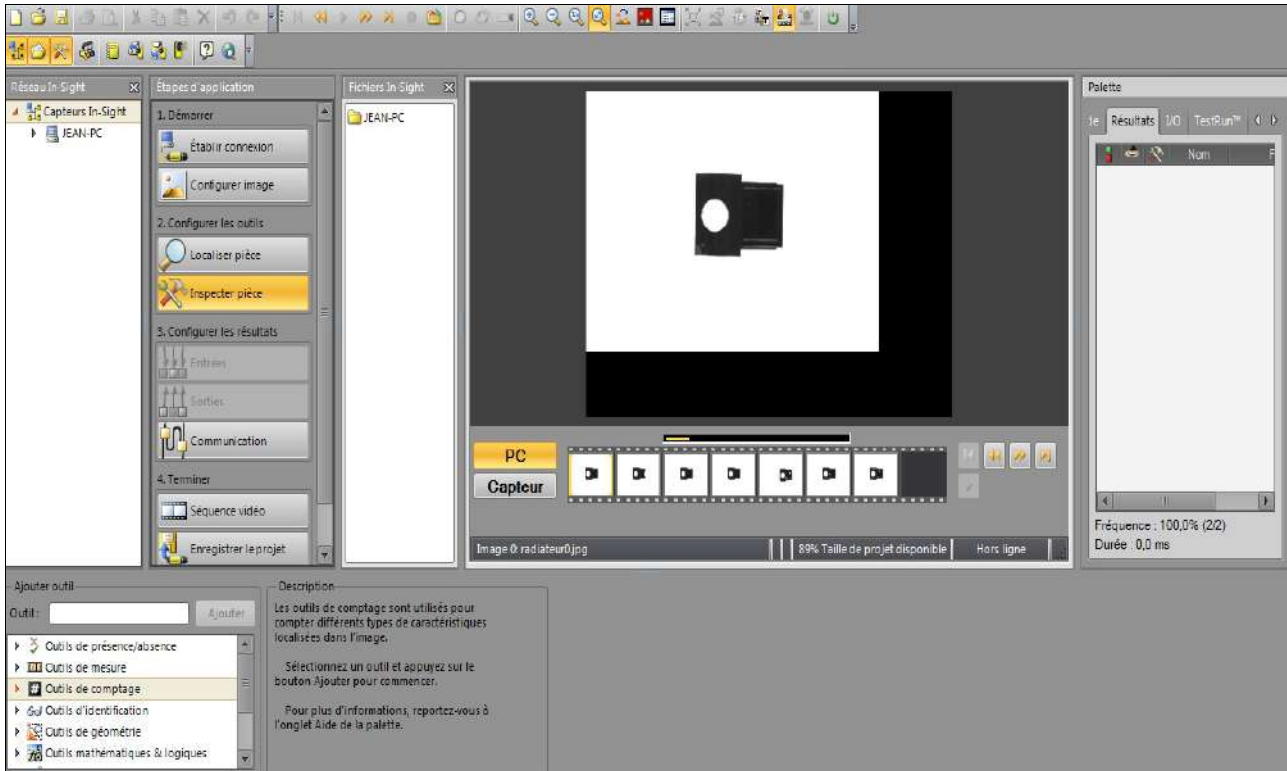


Fig. 39 : Interface d'EasyBuilder

Il y a 6 fenêtres principales :

- Le réseau In-Sight qui montre l'ensemble du réseau local Ethernet (PC et caméras)
- Les fichiers In-Sight qui montrent les fichiers présents dans une caméra ou récemment utilisés sur un ordinateur (comme un programme (dit un job) ou une image BMP)
- L' image avec un écran 800x600 et un aperçu en bas d'autres images que l'on peut faire défiler comme examiner les résultats du contrôle
- Les outils qui permettront le contrôle
- La palette qui groupe les outils utilisés, l'aide, l'état des entrées et sorties discrètes utilisées (mis à 0 ou 1), leTestRun et les liens (interaction entre les différents outils – que l'on détaillera plus tard)
- Les étapes d'application qui montrent comment créer un projet : il faut d'abord configurer la caméra, configurer les outils (en clair, créer le programme) et établir les entrées ou sorties de la caméra et ses communications éventuelles avec qu'autres machines (automates, robots ...). Il reste ensuite à enregistrer le programme sur la caméra et l'exécuter.

b) Configuration de la caméra

Si on travaille dès le début sur une caméra, il faut cliquer sur le bouton "Établir connexion". "Configurer caméra" permet de modifier les paramètres de la caméra comme l'événement qui la

déclenchera pour visualiser la pièce (déclencheur qui peut être intrinsèque à la caméra, continu, manuelle, externe ou due au réseau), un retard au déclenchement, l'exposition et le contrôle de la lumière. On peut calibrer l'image en unités (aucun : en pixel, X/Y : avec une échelle en mm, transition/cercle : avec facteur d'échelle en mm ...).

En ce qui concerne les images sur la bande défilante, on peut les charger d'après un dossier sur ordinateur avec "Charger les images depuis le PC" ou "Options d'enregistrement/lecture" onglet "Lecture" avec possibilité de défiler les images en continu ou en un seul passage, et en modifiant le délai en secondes.

Si la caméra est en ligne et qu'on souhaite enregistrer les images, on utilise l'autre onglet "Enregistrement". On sélectionne le dossier d'enregistrement, un préfixe à l'image, la quantité d'images limitées dans le dossier (jusqu'à 10 000), et la possibilité d'enregistrer toutes les images non triées, triées entre bon et mauvais, ou enregistrer uniquement les défauts. Il faut cependant penser à cliquer sur le bouton "Enregistrement" (qui est présenté par un cercle rouge en haut de l'écran) et vérifier qu'il clignote. Cliquer à nouveau dessus arrête l'enregistrement.

On peut aussi visualiser un exemple de prise d'image par la caméra avec le cercle blanc "Déclencheur" ou en continu avec "Vidéo directe". Lors d'une prise en direct, les images défilent et la bande défilante ne montrent que des images rouges : ce sont les pièces en défaut. On peut les regarder plus attentivement avec le bouton "Figer" vers les flèches de défilement ou reprendre la séquence en direct avec "Continuer".

c) Inspection de la pièce

Il est maintenant temps de passer aux choses sérieuses.

Les outils de recherche servent à inspecter la pièce en cas de recalage. Sauf en cas d'extrême précision, il arrive que la caméra aperçoive la pièce dans une orientation totalement différente de la précédente (un angle de rotation R ou une translation T). Or avec ce repère de recalage, la caméra permet de s'adapter à cette orientation et donner le même traitement d'image.

On sélectionne la pièce ou une partie de cette pièce pour former ce qu'on appelle une zone rectangulaire de modèle et une zone rectangulaire de recherche où l'ordinateur cherchera ce même groupe de pixels sur les images suivantes. On peut faire la même chose avec 10 modèles rectangulaires différents, un cercle, un bord ou ce que l'on appelle un blob. Un blob est un contour. Un exemple est donné ci-contre (les blobs sont en vert).

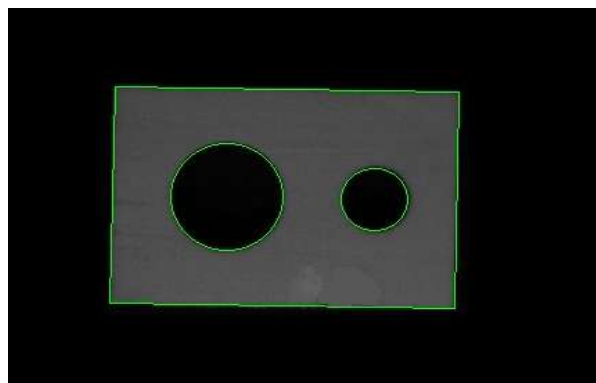


Fig. 40 : Tracé de 3 blobs

Les outils d'inspections sont regroupés en différents onglets :

- Absence/présence

Luminosité / contraste : Sélectionner une zone qui peut être rectangulaire, circulaire ou torique, et limiter les plages de valeurs de gris (entre 0 et 255). On peut visualiser

l'histogramme de la zone dans "Histogramme" à droite.

Modèle : Utile en cas de contrôle d'une bande répétant des motifs le long de cette bande que l'on fait avancer pas à pas. Sélectionner la zone de modèle et la zone de recherche. Modifier au besoin les paramètres comme le type de modèle (transition ou surface), la précision, la tolérance angulaire ou la tolérance en échelle.

Bords / cercle : Permet de détecter des bords linéaires dans une zone de recherche rectangulaire ou des cercles dans une zone de recherche torique. Ces détecteurs peuvent servir ensuite à mesurer des distances. Faire correspondre le contour avec le cercle sur l'image réelle ou entourer le bord avec le rectangle à condition que la flèche soit perpendiculaire au bord.

- Outils de mesures

A condition de détecter des bords ou des cercles, on peut mesurer en pixel une distance, un angle entre deux bords, la surface d'un blob ou encore le diamètre d'un cercle. On peut fixer des plages de valeurs à chaque mesure. La mesure est un succès si le résultat est compris entre les valeurs maximale et minimale, un échec sinon.

- Outils de comptage

En sélectionnant une zone de recherche, on compte un nombre de bords, de modèles ou de blobs détectés au préalable et fixer les limites du comptage. Si le nombre compté correspond aux attentes, il y a succès. Sinon, échec..

- Mathématiques et logique

Calculs : Tout comme sur un tableur Excel ou similaire, on peut calculer tous types de formules sur In-Sight Explorer : "*Abs*", "*Exp*"(exponentiel), "*Mod*" (reste de division), "*Pow*", "*Rand*" (réel compris entre 0,00 et 1,00), "*Round*" (à l'entier le plus proche), "*Sqrt*", "*Sum*", "*Trunc*", "*Cos*", "*Sin*", "*Tan*", "*Acos*", "*ASin*", "*ATan*", "*Degrees*", "*Radians*" ...

Statistiques : On peut également établir des statistiques comme un comptage d'erreurs, des calculs de moyennes, une recherche de minimum ou maximum parmi une liste de P réels, écarts-types...

Logique : L'une des principales formules logiques utilisées est "*If*(Cond, Val1, Val2)" où Val1 = 1 et Val2 = 0. Mais ces valeurs peuvent aussi être des chaînes de caractères comme "*OK*" et "*NOK*".
Il existe aussi d'autres formules logiques comme *And*(), *Or*() ou *Not*() qui peut inverser un bit ou opposer une condition (<, >, =, <=, >= ...- inférieur, supérieur, égal). On peut créer des expressions mathématiques et logiques avec un grand nombre de variables associés aux outils utilisés dans le programme (mesures ou comptage, acquisition, autres expressions mathématiques et logiques) comme l'état du résultat (0/voyant rouge ou 1/voyant vert), le succès, l'échec, l'activation (coché ou décoché – si désactivé, voyant gris), le nombre de succès, le nombre d'échecs ...

- Tracés

Afin de mieux comprendre les intérêts du contrôle, on peut tracer des figures :

- Un cercle

- Un arc de cercle
- Une ligne
- Un point
- Une région
- Une chaîne

Chaque figure est définie par ses coordonnées X et Y et soit un rayon, un angle, d'autres coordonnées X et Y ou une expression. Ces définitions sont soit des entiers constants soit des expressions logiques du type If (Cond, Val1, Val2), Not () ... On peut changer la couleur des figures (et la police dans le cas de chaînes).

Par exemple, en faisant au préalable une détection de cercle qui donnera un diamètre en pixels, on peut tracer un cercle vert ou rouge avec une chaîne "OK" ou "NOK" selon la valeur mesurée et les limites de plage définies.

Les expressions du cercle vert sont If (Diamètre.pass = 1, Diamètre.cercle.X, 0), If (Diamètre.pass = 1, Diamètre.cercle.Y, 0) et If (Diamètre.pass = 1, Diamètre.rayon, 0) et celles de l'expression sont X0, Y0 et If (Diamètre.pass = 1, "Diamètre OK", ""). De même avec Diamètre.pass = 0.

On peut aussi se servir des chaînes pour afficher les résultats. Les expressions sont donc X0, Y0 et 2*Diamètre.rayon si on veut afficher le diamètre du cercle en (X0, Y0). Le résultat s'actualise entre chaque image.

● Filtrage d'images

Ces outils permettent de filtrer une région de l'image pixel par pixel avec plusieurs opérations possibles comme binariser (point), éroder, dilater, passe-bas, passe haut, gradients (voisin) ou comparer une image de référence avec une autre image. On sélectionne une zone de l'image et la comparer pixel par pixel avec d'autres images. Le traitement se fait par différence des pixels. Un pixel identique reste noir et deux pixels différents forment un pixel blanc.

Deux images identiques donnent la zone de recherche entièrement noire. Sinon, on voit les contours des défauts en blanc (blob).

● Outils d'identifications

Ces outils ne sont pas présentes sur tous les types de caméras – seulement les plus développées ou en couleur. Ils comprennent des outils de lecture de codes-barres, un apprentissage de couleurs, une lecture de texte ou les modèles PatMax. Ils sont basés sur de l'apprentissage.

d) Entrées et sorties discrètes

Une fois le contrôle fait, afin de l'implanter dans la caméra, il faut faire correspondre les entrées ou sorties de la caméra avec des résultats issus du programme parmi tous ceux obtenus dans le programme. Les plus fréquents sont le succès ou l'échec du projet, le mode en-ligne ou hors-ligne, le début ou la fin d'une acquisition, une acquisition en cours.

On a quatre colonnes pour chaque signal : le nom numéroté de 0 à n, le type de signal, l'élément déclencheur de ce signal et la possibilité de forcer ce signal à 0 ou à 1.

Dans le cas des entrées, le type de signal est soit le mode en ligne ou hors ligne, un déclencheur d'événement, un signal trigger qui lancera une acquisition, le chargement d'un projet. L'élément déclencheur est un front (montant et descendant, valable uniquement pour les événements).

Dans le cas de sorties, le type de signal est soit un résultat, le mode en-ligne / hors-ligne, une erreur, un système occupé (acquisition en cours), une acquisition débutée ou finie, un chargement de projet ... ect.

Dans le cas d'un signal "Résultat du projet", l'élément déclencheur peut-être n'importe quel résultat du programme (Nom_Outil_n.pass ou Nom_Outil_n.fail).

Dans les fenêtres Détail, on peut décider si le signal est une pulsation de durée comprise entre 10 et

1 000 ms avec un détail d'acquisition de durée inférieure à 1 000 ms. Sinon, le signal est continu.

e) Communications

Dans le cas où la caméra collabore avec d'autres équipements tel qu'un automate (Rockwell, Schneider Electric, Siemens, Mitsubishi, GE FANUC ...) ou un robot (FANUC, ABB, STAUBLI ...), il faut que la caméra envoie des messages à ces machines.

Il y a 4 possibilités dans ce cas. On communique soit par serveur OPC, EasyView, FTP ou un autre moyen propre à une marque spécifique de robot ou d'automate (Modbus, Ethernet natif, Ethernet IP, SLMP ...). La 4ème possibilité se fait au cas par cas. En ce qui concerne le reste :

- Le serveur OPC permet de collecter des informations venant des capteurs COGNEX en sélectionnant des résultats du programme (entier, virgule flottante, chaîne...) en lecture ou écriture (toutes les variables sont en général en lecture seule sauf les variables de l'acquisition qui sont en écriture et lecture) et de les envoyer sur un fichier comme RSView 32, Excel, Visual Basic ...)
- L'outil Easy View permet de modifier le pupitre COGNEX où les graphiques seront affichés. Sélectionner les variables comme lors de la configuration d'un serveur OPC et appuyer ensuite "Basculer la vue" lorsque vous êtes sur le pupitre pour modifier les données
- FTP permet d'échanger des images entre PC équipés de serveurs FTP ou de In-Sight Explorer en précisant le n° d'hôte, le nom de l'utilisateur, un éventuel mot de passe et la connexion utilisée (FTP standard par défaut)

f) Execution du projet

Une fois le programme configuré, il est nécessaire d'enregistrer le projet et le sauvegarder sur la caméra. Pour cela, cliquer sur l'icône "Enregistrer", s'assurer que le programme de démarrage correspond bien à celui souhaité, et cliquer sur "Sauvegarder". Si le nom n'est pas présent dans la liste des programmes de démarrage possibles, enregistrer le programme voulu ou chercher dans les barres d'outils "Capteur / Démarrage".

Ensuite, il faut vérifier que la caméra est en ligne. On peut enregistrer éventuellement les résultats avec le bouton "Enregistrement" et sélectionner le dossier d'enregistrement comme dit dans la partie b). Finir en cliquant sur "Exécuter projet". Les nombres de succès, échecs et nombre total de pièces inspectés s'incrémentent à mesure que les images défilent.

2) Tutoriel sur Spreadsheet (tableur)

a) Acquisition des images

Son utilisation est assez proche de celle de toute version d'Excel excepté l'addition d'une application visuelle où on peut voir l'image soit en vue tableur soit en version opérateur. La vue opérateur est semblable à celle d'EasyBuilder mais le tableur est nettement plus avantageux car il possède plus de fonctionnalités qui seront détaillées dans cette partie et permet une meilleure organisation du projet ; d'abord, visuellement avec des textes écrits et l'utilisation de couleurs ou de polices différentes et logiquement car organisés en tableaux.

Tout tableur commence avec la case A0 qui contient une image. Cette image est l'image actuelle qui est derrière le tableur transparent mais ces paramètres peuvent être changés, notamment quand le programme est sur un capteur dont ces paramètres peuvent influencer et qui doivent communiquer avec des automates.

On retrouve des conditions d'acquisitions similaires à celles d'Easy Builder, comme la condition de déclenchement (Trigger) peuvent aussi être modifiées (temps, gain, offset ...).

b) Inspection de la pièce

La plupart des outils servant à inspecter la pièce se trouvent dans l'onglet "Système de vision" dans la palette :

- Blobs

Avec ExtractBlobs, on obtient N formes tracées en vert dans une zone de recherche rouge.

La fonction "*GetNFound(Blobs)*" renvoie le nombre de blobs trouvés. Ce nombre peut être utile dans l'utilisation de fonctions logiques ou pour compter un nombre M de trous dans une pièce lors d'un outillage par exemple. Chaque blob a un indice n de 0 à N.

Plusieurs fonctions comme "*GetMaxRow(Blobs,n)*", "*GetMinRow(Blobs,n)*", "*GetMinCol(Blobs,n)*", "*GetMaxCol(Blobs,n)*" permet de calculer le rectangle circonscrit du blob n. On peut par exemple mesurer la largeur ou la hauteur d'une pièce. Toutefois, ces mesures dépendent beaucoup de la précision de l'image et du seuil d'acceptation de l'image (voir partie c Mesures et logiques). Si le blob n est un cercle, les fonctions "*GetCol(Blobs,n)*" et "*GetRow(Blobs,n)*" permet d'obtenir les coordonnées du centre du cercle. FindBlobs ou SortBlobs permet un classement de ces blobs en fonction de leurs aires ou de leurs orientations.

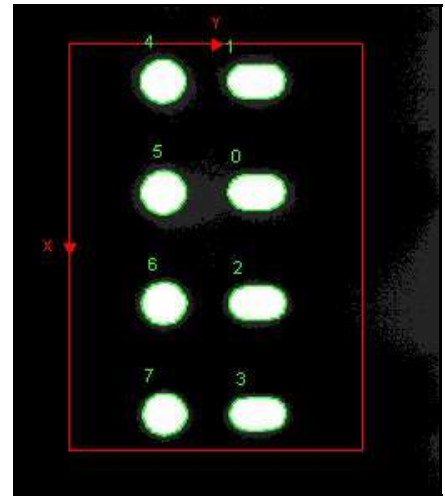


Fig. 41 : Tracé de blobs

- Bords

Tout comme les outils de l'onglet Absence/présence, on peut détecter des portions de contours selon un passage du blanc au noir (ou inversement) en renvoyant la structure Edge. Ces outils peuvent détecter un cercle, une ligne droite, une diagonale selon une tolérance angulaire $\pm 10^\circ$ ou un arc de cercle. Tout comme les blobs, on peut utiliser les fonctions "*GetNFound(Edges)*", "*GetRow(Edges,n)*", "*GetCol(Edges,n)*" ou "*GetRadius(Edges,n)*". Ces détéctions de bords sont plus précises que ExtractBlobs et sont utiles pour de meilleures mesures (voir partie c Mesures et logique).

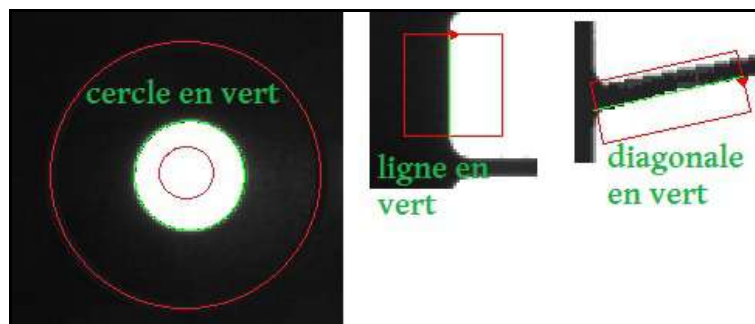


Fig. 42 : Détection de contours verts dans des zones de recherches rouges

Les fonctions Pair() utilisent des séries d'Edges.

- Correspondance de modèles

FindPatterns() est un excellent outil de base pour les contrôles de pièces car il permet de faire apprendre à l'ordinateur la zone que l'on souhaite inspecter. En définissant la zone à inspecter (qui ne sera autre que le modèle qui permet la configuration ou à détecter) et la zone de recherche de l'image, on peut créer facilement un repère de recalage (tout comme les outils de configuration).

FindPatterns() a plusieurs paramètres intéressants :

- s'adapter à l'image comme un modèle moyen ou précis, grossier ou fin
- former un modèle de contours ou de surface
- décaler de n lignes (ou colonnes)

Afin d'utiliser cet outil, il faut toutefois un étalon (une pièce bonne). Mais juste en visualisant les scores, on peut savoir si la pièce est conforme ou non, sachant que l'étalon a un score de 100,00. Encore mieux, le modèle FindPatterns avec le paramètre Surfaces est plus précis qu'un modèle avec paramètre Contours car le modèle avec paramètre Contour détecte uniquement le contour extérieur et non les trous, alors que le modèle avec paramètre Surface compte le nombre de pixels en noir par rapport au nombre de pixels en blanc, donc peut détecter ces trous.

Pour cela, il faut une image étalon. On fait apprendre à l'ordinateur un modèle. On obtient le tableau :

	Index	Ligne	Col	Angle	Echelle	Score
Patterns	0,000	212,875	350,063	-0,047	100,000	100,000

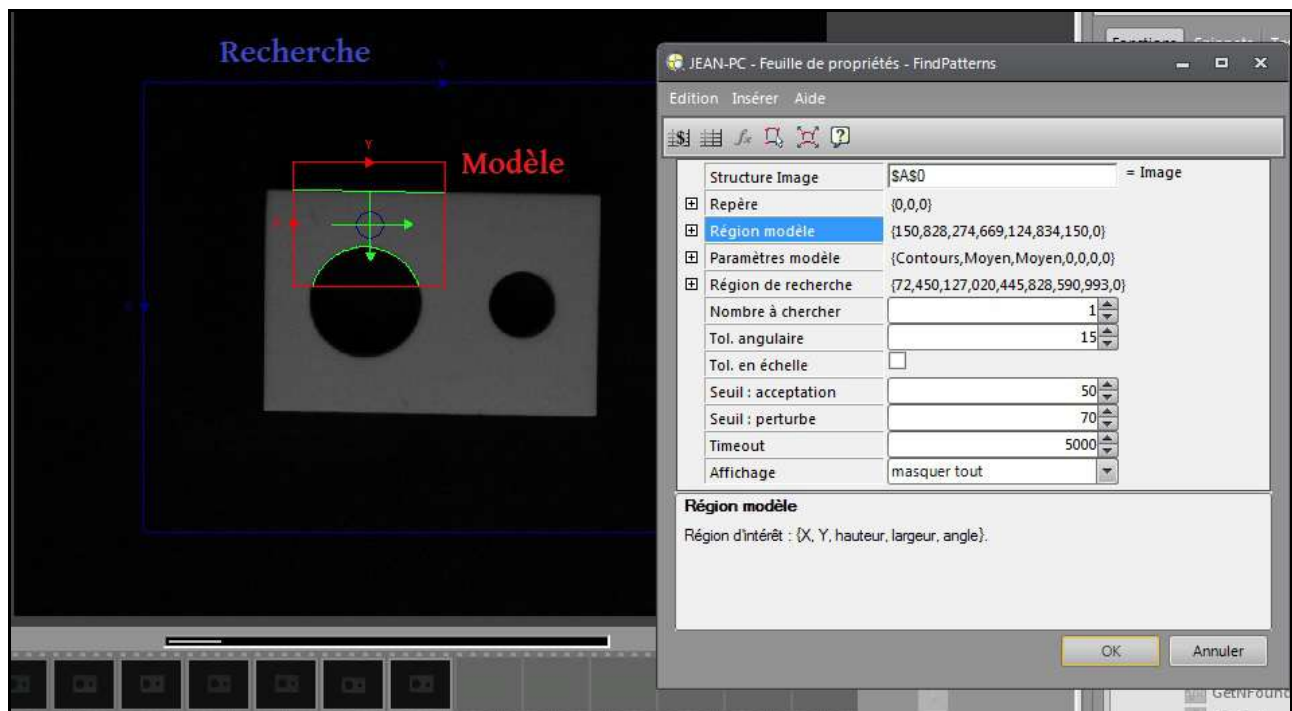


Fig. 43 : Comment créer un recalage ?

On obtient donc le repère $R_{RECAL} = (212,875 ; 350,063, -0,047)$. On recommence ceci deux fois avec la pièce en entier et en remplaçant le repère $\{0,0,0\}$ par le repère de recalage pour tous les deux. On obtient deux choses différentes. Il est nécessaire de désactiver le premier repère.

Pour cela, on utilise un outil qui s'appelle "Etat de la cellule / Désactivé". La cellule apparaîtra en gris clair.

Attention à ce que la zone de recherche ne dépasse pas du cadre : à cause du recalage, si la pièce fait une rotation, le cadre de recherche fera cette même rotation et risque donc de dépasser. Le tableau affichera la case #ERR sinon.

Maintenant, en faisant défiler différentes images comportant des défauts, leurs scores sont compris entre 91 et 70 alors que le score de l'étalon est de 100,000.

Le modèle avec le paramètre Surface donne la même conclusion mais avec une meilleure détection.

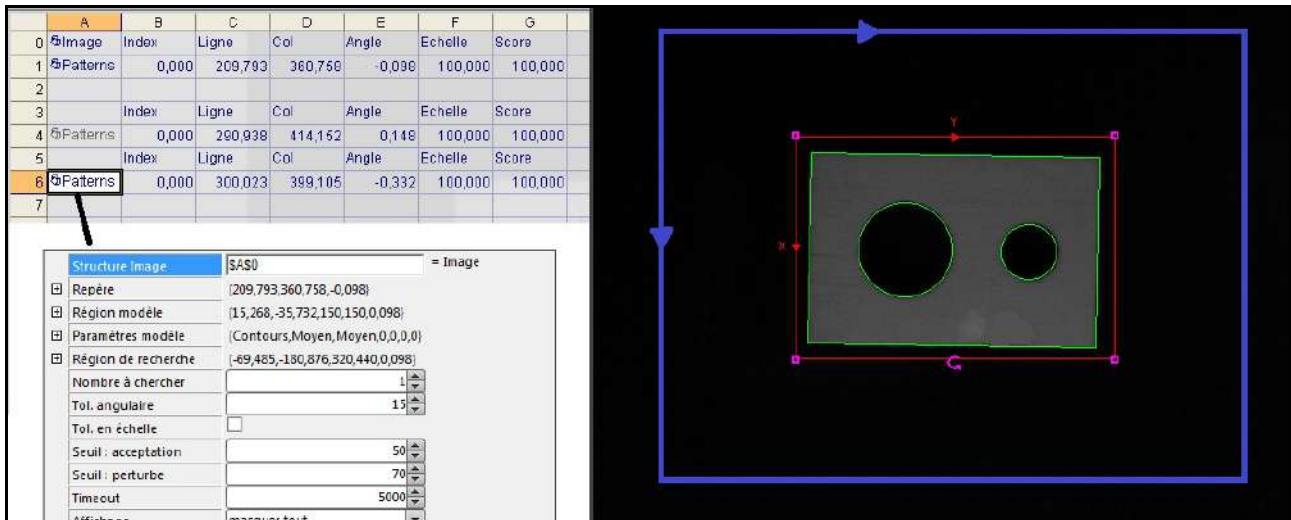


Fig. 44 : Modèle contours

Selon différents modèles de caméras, il existe aussi un autre type de modèle dit PatMax. Ce type de modèle est uniquement présent sur des caméras plus récentes mais il est plus performant qu'un simple Pattern Model. En effet, PatMax détecte un modèle même en cas de variations d'éclairages, de grossissements ou d'inversion.

● Histogrammes

Ces outils sont utilisés dans ce cas de détections de zones noires ou blanches sous forme de structures Histo.

La fonction "*ExtractHistogramm*" sélectionne une zone de l'image et donne un seuil de niveau de gris, le contraste, les nombres de pixels sombres et clairs et la moyenne des valeurs de l'histogramme considéré.

La valeur optimum du seuil de niveaux de gris peut être utile dans le cas de détection de bords.

● Images et filtres

Ces outils permettent un traitement d'image pixel par pixel donc assez précis et développé. On y retrouve la fonction "*CompareImage*" avec la zone en noir et les défauts en blobs blancs.

"*NeighborFiltre*" permet de traiter l'image avec plusieurs types de filtres possibles (comme l'onglet "Filtrage d'images") : convolution, dilatation, passe-bas, passe-haut, ouverture, érosion, fermeture, gradients, amplitude de contours ...

c) Mesures et logiques

● Mesures

Il existe plusieurs façons de mesurer une côte mais les précisions sont différentes d'une méthode à l'autre (blobs, mesures manuelles, détections). La plus précise est lorsque les bords sont détectés (ligne ou cercle).

Les outils possibles sont "*BlobToBlob*", "*BlobToLine*", "*BlobToPoint*", "*CircleToCircle*", "*LineToCircle*", "*LineToLine*", "*PointToLine*" et "*PointToPoint*". Le résultat est une distance en pixels. Il suffit de sélectionner les 2 bords détectés et la mesure est effectuée.

Une ligne droite en vert est tracée en même temps sur l'image afin de mieux comprendre d'où vient cette distance.

- Logique binaire, mathématiques et statistiques

On retrouve les mêmes expressions que dans EasyBuilder : 'Abs', "Exp", "Mod", "Pow", "Rand", "Round", "Sqrt", "Sum", "Trunc", "Cos", "Sin", "Tan", "Acos", "ASin", "ATan", "Degrees", "Radians", "If(Cond, Val1, Val2)", And(), Or(), Not() ...

Il arrive toutefois que ces expressions logiques affichent des erreurs (#ERR) pour divers raisons et qu'aucun résultat ne soit possible. Si on considère qu'une erreur équivaut à un 0 logique, on utilise l'expression ErrFree().

Chose intéressante avec le tableur, on peut utiliser l'outil "Etat de la cellule" pour activer ou désactiver une cellule. Une cellule désactivée est en gris clair. Si la case désactivée comportait une valeur, elle devient 0. Si cette case comporte une structure Plot, le dessin (ou la chaîne string) ne s'affiche plus. On a aussi le cas "Activé sous condition" où une case peut se désactiver ou se réactiver en fonction de la valeur d'une autre case choisie comme référence absolue ou relative (1 = activation, 0 = désactivation).

d) Affichages à l'écran

Afin de développer une Interface Homme-Machine, on peut afficher des formes ou des chaînes de caractères à l'écran comme les tracés de l'interface Easy Builder.

On peut tracer comme formes soit un cercle (arc ou complet), une croix, un point, une ligne ou une région. On peut toutefois remarquer que ces structures sont fixes. Si on souhaite que ces formes sont aussi soumises au recalage X, il faut utiliser l'onglet "Structures". On peut tracer en plus des structures précédentes énoncées, un anneau et un masque.

En ce qui concerne la chaîne de caractère (string), Plotstring affiche un texte à la position (x,y) à la couleur définie. Par contre, on ne peut changer la police du texte. Or, cette taille est plutôt petite.

Autres solutions : on peut utiliser les snippets (voir paragraphe suivant) ou utiliser la vue opérateur, dans la barre d'outil. Pour cela, créer la zone que l'on veut afficher l'écran (textes, police et couleurs de texte ou d'arrière plan aux choix) et avec "Paramètres de la vue opérateur", sélectionner la zone et au besoin, la déplacer dans l'image. Pour faciliter l'interprétation de cette interface, on peut utiliser des outils comme des voyants. Pour cela, il faut utiliser StatusLight. Cela créer un voyant qui peut prendre trois valeurs différentes (> 0 , $= 0$ ou < 0) avec trois couleurs au choix (généralement, vert, rouge, jaune) et avec la possibilité d'afficher du texte selon la valeur (bon, mauvais, erreur, conforme, non conforme, ok, nok ...).

L'onglet "Commandes" offre aussi des outils intéressants comme la check box (case à cocher qui renvoie 0 si non coché, 1 si coché donc possibilité de créer de la logique notamment avec l'activation sous condition d'une ou d'un groupe de case(s)) , le bouton, EditInt ou EditFloat compris entre un intervalle [Min, Max], la list box qui regroupe plusieurs chaînes de caractères qui doivent être écrites comme commentaires au préalable ou encore Dialog qui regroupe en une case un nouveau tableau dans une autre fenêtre donc que l'on peut utiliser comme une matrice par exemple.

e) Snippets

Ces morceaux de programmes permettent de créer un programme clair et précis par la présence de commentaires déjà écrits en jaune sur un fond noir et de valeurs que l'on peut adapter à tout exemple. Il regroupe tous les outils de la palette mais présenté différemment.

VII Bibliographie

CC - Link Partner Association, 2012. *CPLA Virtual Booth / Home* [en ligne] Disponible sur www.cpla.eu [consulté le 6 juin 2017]

COGNEX, 2017. *Produits de Cognex / Vision industrielle et lecteurs de codes-barres* [en ligne] Disponible sur www.cognex.com/products.aspx?langtype=1036 [consulté le 31 mai 2017]

Espace CHCST , 09/12/2013. *Nouvelles affiches INRS sur la prévention des TMS - Espace CHSCT* [en ligne] Disponible sur <https://espace-chsct.fr/toutes-les-actualites-du-chsct/nouvelles-affiches-inrs-sur-la-prevention-des-tms> [consulté le 5 juin 2017]

SIDEO, 10/02/2006. *SIDEO - Groupement des sociétés industrielles Bedeville, Contec, PMPC, RDT et Vogt* [en ligne] Disponible sur <http://www.sideo.fr/> [consulté le 23 mai 2017]

THIEBAUT Frederic, BFC Dexis , 2010. *Formation Insight Explorer*, 30 mai 2016, Dijon, toutes sessions

WIKIPEDIA, 13/04/2006. *Effet Venturi* [en ligne] Disponible sur https://fr.wikipedia.org/wiki/Effet_Venturi [consulté le 23 juin 2017]

