

Contrôle d'Aspect en Ligne de la Métallisation de Pièces 3D

Online Aspect Control of 3D Products Metallisation

G. Delcroix¹, B. Lamalle, P. Gorria, F. Merienne.

Laboratoire Le2i - IUT Le Creusot - Université de Bourgogne

12 rue de la fonderie - 71 200 Le Creusot - France

Tel. : +33 (0) 385 731 000 ; FAX : +33 (0) 385 731 097

Email : gaetan.delcroix@iutlecreusot.u-bourgogne.fr

¹ Conseil Régional de Bourgogne

Pôle Imagerie de Bourgogne

Mots clefs: Contrôle qualité par vision artificielle, Système d'éclairage, Surfaces miroirs, Contrôle en défilement.

Keywords: Quality control by artificial vision, Lighting system, Mirror surfaces, Moving products.

réel, afin de suivre les temps imposés par les cadences industrielles. Pour obtenir un système évolutif et assez peu coûteux, l'implantation de ces traitements est systématiquement effectuée sur une architecture de type micro-ordinateur sans adjonction de matériels Hard. La troisième partie de ce papier concerne l'application en cours de développement.

Résumé

La qualité des produits devient une préoccupation importante dans le milieu industriel. Certains besoins industriels ont nécessité l'utilisation de la vision artificielle pour le contrôle qualité. Les domaines de recherche appliqués concernés par ce problème sont très nombreux. En premier lieu l'éclairage est le plus important. Ainsi, le produit doit tout d'abord être éclairé de façon à faire apparaître les éventuels défauts. De la qualité de cet éclairage va dépendre toute la chaîne de contrôle. En effet, pour pouvoir espérer détecter les défauts par traitement d'images, il est nécessaire que ces derniers soient visibles sur les images. Ensuite, un algorithme doit pouvoir détecter ces défauts en tenant compte des contraintes industrielles qui peuvent être liées à la position des pièces et l'environnement du système. Le système de détection ainsi conçu doit enfin respecter les contraintes de cadence imposées par la chaîne de fabrication.

Ce papier se compose de trois parties. La première partie concerne l'étude de l'éclairage. La conception de l'éclairage a été soignée de manière à faire apparaître clairement les défauts dans l'image. Les traitements d'images seront alors d'autant plus simples. La deuxième partie expose la méthode choisie pour traiter ces images. Ces traitements doivent être effectués en temps

1/ Introduction

Les produits à contrôler sont des pièces en matières plastiques injectées issues de l'industrie de l'emballage. Ces pièces subissent des opérations de vernissage et de métallisation, qui rendent leur surface hautement réfléchissante comparable à des miroirs (voir figure 1). Lors de ces opérations, il arrive que des poussières s'intercalent entre le plastique et le vernis provoquant de petites inclusions et altérant ainsi l'aspect du produit. La mise en œuvre de ce contrôle d'aspect est proposée par la vision artificielle lors du défilement sur le tapis roulant [1, 2, 3, 6].

Les contraintes industrielles de ce contrôle sont nombreuses. Les plus importantes d'entre elles sont au nombre de quatre. Premièrement le type de défaut à détecter se présente comme une inclusion dont la taille reste inférieure au mm². Deuxièmement, les pièces à contrôler sont de formes extrêmement variées. Elles peuvent être parallélépipédiques, sphériques, de révolution ou de formes plus complexes [4, 5]. Troisièmement, les pièces sont à détecter sur la chaîne de fabrication et ne sont indexées ni en rotation, ni en translation. On ne connaît donc pas leur position spatiale *a priori*. Enfin, la quatrième contrainte importante concerne la cadence.

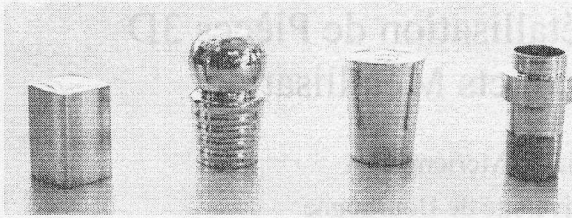


figure 1: exemple de pièces à contrôler

Ce problème présente plusieurs aspects et a été décomposée en trois temps. Dans un premier temps, de manière à visualiser et à faire apparaître des défauts, un éclairage adapté a été développé. Dans un second temps, les contraintes ont amené à proposer un détecteur approprié qui ne se base sur aucun *a priori* concernant l'image. Enfin, dans un troisième temps l'éclairage et l'algorithme de détection ayant été développés, la contrainte de la cadence a été résolue sur la base d'une architecture de type micro-ordinateur.

2/ Mise au point d'un éclairage spécifique

La mise au point d'un éclairage adapté est une phase indispensable dans la conception d'un système de contrôle qualité de produits industriels. En effet, les meilleurs traitements d'images resteront inefficaces si l'éclairage ne permet pas de mettre en évidence le défaut. Bien souvent, un éclairage conçu avec soin permet d'utiliser des traitements d'images relativement simples et laisse donc entrevoir une implantation temps réel de l'algorithme correspondant [7].

Dans ce problème de contrôle qualité de produits industriels, il a été porté une attention particulière à la conception de l'éclairage. Pour mener à bien cette conception, les défauts à détecter ainsi que l'approche de l'observateur humain ont été étudiés. Une modélisation relativement simple des phénomènes lumineux en présence a permis de proposer un éclairage adapté au problème. La surface des pièces est hautement réfléchissante, aussi le modèle de la réflexion spéculaire a été utilisé: le rayon réfléchi et son rayon incident présentent le même angle avec la normale à la surface. Le défaut à détecter se présente comme une petite bosse de surface inférieure au mm^2 et de hauteur inférieure au mm. Il est possible de modéliser les trajets lumineux reliant une source lumineuse au capteur CCD par réflexion sur la pièce. La figure 2 représente le modèle utilisé.

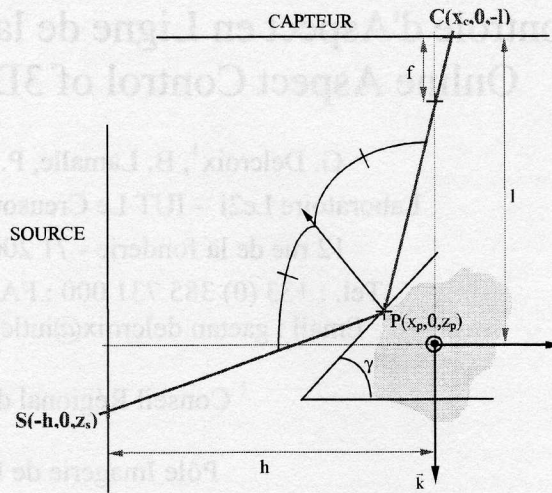


figure 2: modèle des trajets lumineux

Si l'on modélise le défaut par une courbe gaussienne, une expression reliant le point de la source Z_s au point du capteur X_c peut être déterminée. Cette expression est représentée par la courbe de la figure 3 donnant Z_s en fonction de X_c .

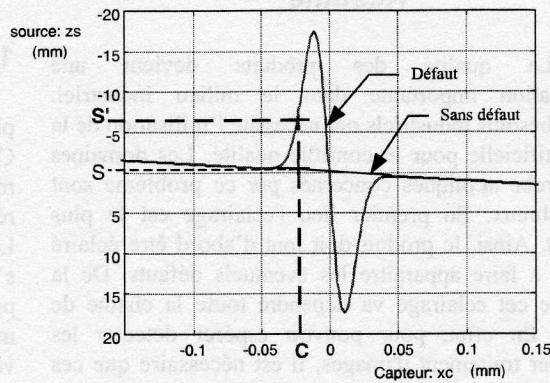


figure 3: relation source capteur

On peut remarquer que le défaut engendre une très forte irrégularité sur la courbe. En effet, les inclinaisons successives du défaut varient énormément par rapport à la surface initiale de la pièce. Ainsi un pixel du capteur correspondant à un point du défaut sera éclairé par un point de la source très éloigné du pixel voisin correspondant un point de la surface sans défaut. Ces constatations ont mené au développement d'un éclairage structuré permettant de mettre en évidence les défauts. En effet, si la source lumineuse choisie est constituée d'une frange lumineuse et d'une frange sombre, alors le défaut pourra apparaître lumineux parmi une zone sombre. La

figure 4 reprend le lien entre source et capteur donné figure 3 auquel ont été rajoutés la source lumineuse structurée ainsi que l'image théorique sur le capteur.

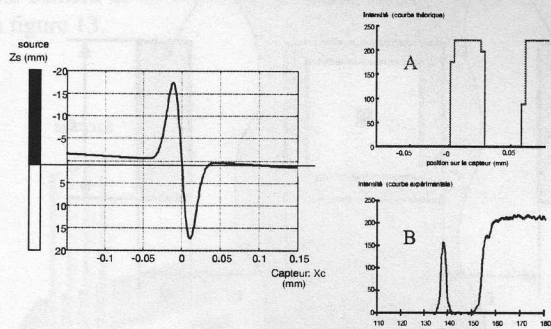


figure 4: révélation d'un défaut

Ainsi, le défaut apparaît lumineux dans une zone sombre. Ce principe a été appliqué pour développer un éclairage détectant les défauts. Le système d'éclairage conçu est constitué d'une succession de zones lumineuses et de zones sombres disposées de telle manière que les défauts apparaissent lumineux dans les zones sombres au cours du déplacement des pièces dans le champ de la caméra.

Le dispositif industriel représenté figure 5 comporte un éclairage de ce type constitué d'une série de tubes fluorescents parallèles entre eux disposés perpendiculairement à l'axe de translation du tapis roulant. Cet éclairage a été testé pour différents types de pièces.

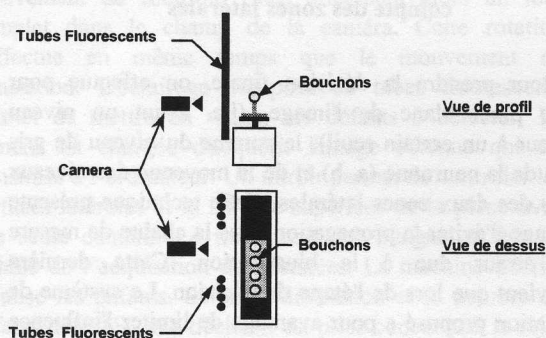


figure 5: positionnement de l'éclairage

La figure 6 montre les pièces telles qu'elles se présentent devant la caméra dans le cas d'un éclairage ordinaire. On remarque que les défauts ne sont pas mis en valeur. La même scène est présentée figure 7 mais avec un éclairage composé de tubes fluorescents. On remarque qu'un défaut a été mis en évidence.

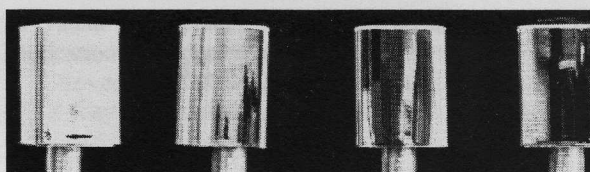


figure 6: pièces sous éclairage ambiant

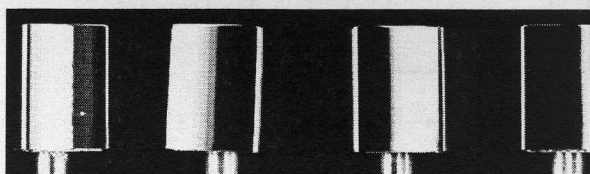


figure 7: pièces sous éclairage structuré

L'éclairage structuré qui est proposé ici permet donc de mettre en évidence les défauts sur l'image acquise par la caméra. Afin de détecter ces défauts, un traitement approprié est nécessaire.

3/ Technique de localisation des défauts

La mise en évidence des défauts étant assurée par l'éclairage structuré, la détection de ces derniers reste à faire. Pour cela, la technique de localisation des défauts qui est proposée a été largement inspirée du comportement humain. La méthode consiste à rechercher dans l'image des points blancs entourés par une couronne de points noirs, caractéristiques des défauts à détecter. Sur les images réelles, pour chaque pixel le niveau de gris moyen de la couronne est effectué afin d'éviter la binarisation qui est une source d'erreur. Cette couronne est définie par les paramètres a et b. Le paramètre a est lié à la taille des défauts à détecter. En effet, plus a est grand et plus le filtre autorisera la détection de gros défauts puisque ces derniers ne débordent pas dans la couronne. Le second paramètre b est lié à la largeur de la couronne. Enfin un troisième paramètre permet d'influer sur la détection. Ce paramètre est le taux de remplissage de la couronne (i.e. le niveau de gris moyen des pixels constituant la couronne). Grâce à ce taux, on peut autoriser ou non la détection des défauts de type fils, mais aussi limiter l'influence d'éventuels parasites. Un filtre spécifique a été développé dans ce but, son principe est exposé figure 8. Ce filtre s'apparente aux filtres morphologiques. Pour chaque pixel blanc de l'image, la zone de détection est testée. Si cette zone ne contient que des pixels noirs, le pixel courant est classé en défaut. La figure 9 montre une image après traitement. Le filtre a détecté un défaut sur l'image.

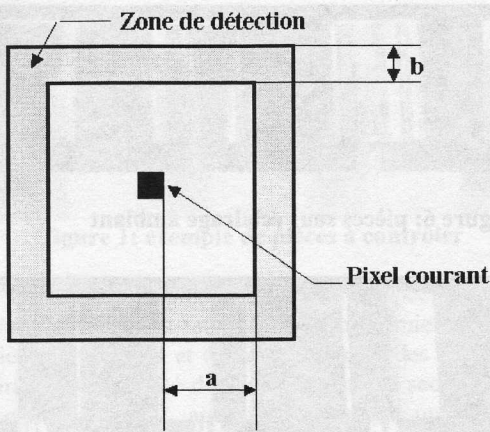


figure 8: filtre détecteur de défauts

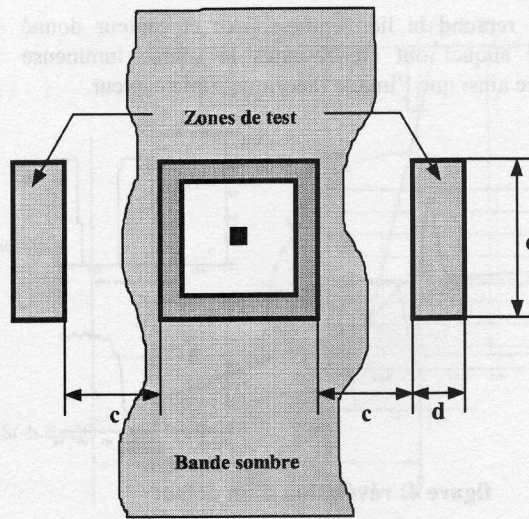


figure 11: présentation des zones de recherche des franges

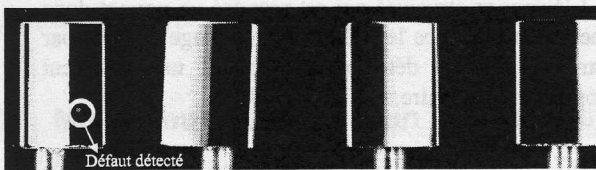


figure 9: image après traitement

Afin d'améliorer la robustesse du filtre, il convient de vérifier pour chaque pixel blanc détecté par la méthode précédemment décrite s'il appartient effectivement à une frange noire. Pour cela, on vérifie que les deux régions symétriques (d, e), situées de part et d'autre de la zone de détection à une distance c, sont majoritairement blanches (voir figure 11). Pour ce contrôle, la moyenne des niveaux de gris dans les zones latérales est effectuée. La distance c est liée à la largeur de frange obtenues par réflexion sur la surface de la pièce. Un fort coefficient de crédibilité est affecté aux défauts se trouvant dans les zones de transitions.

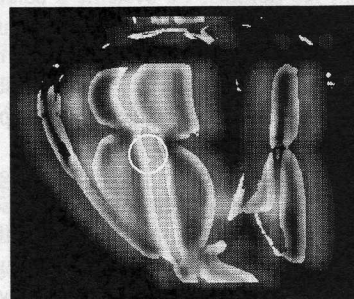


figure 12: résultat du traitement après la prise en compte des zones latérales

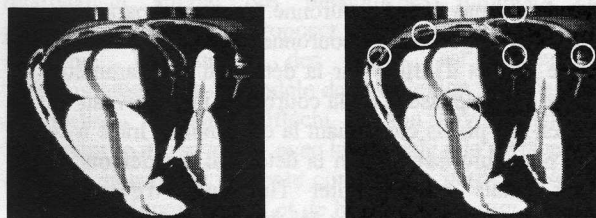


figure 10: problème des réflexions parasites

Pour prendre la décision finale, on effectue pour chaque pixel blanc de l'image, (i.e. ayant un niveau supérieur à un certain seuil), la somme du niveau de gris moyen de la couronne (a, b) et de la moyenne des niveaux de gris des deux zones latérales. Cette technique présente l'avantage d'éviter la propagation dans la chaîne de mesure d'une erreur due à la binarisation. Cette dernière n'intervient que lors de l'étape de décision. Le système de localisation proposé a pour avantage de limiter l'influence des réflexions parasites. La figure 12 représente le résultat du traitement de l'image de la figure 10 en tenant compte des zones latérales du filtre. Ainsi, les reflets parasites ne sont pas détectés comme défauts.

4/ Systeme Industriel

Les pièces défilent devant la caméra CCD. Les images acquises sont traitées en temps réel sur l'ordinateur. Le système est installé sur la chaîne de

production. Il comprend une structure mécanique (supportant la caméra, le miroir, le système d'éclairage, le système de rotation des pièces), un système d'éclairage, une caméra et un ordinateur. Le système est présenté sur la figure 13.

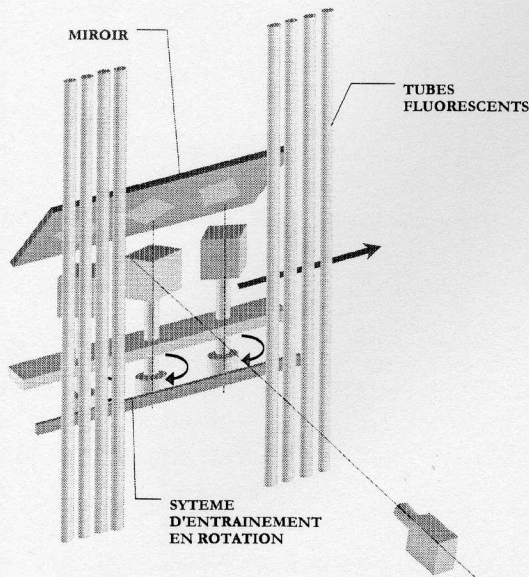


figure 13: vue schématique de l'ensemble

Le mode de fonctionnement de la machine décrite est le suivant. Les pièces sont situées sur des supports défilant sur un tapis roulant. Lorsque ces dernières passent devant le champ de la caméra, elles subissent un mouvement de rotation. Elles effectuent alors un tour complet dans le champ de la caméra. Cette rotation s'effectue en même temps que le mouvement de translation. L'éclairage composé de tubes fluorescents permet de mettre en valeur les défauts à détecter. La caméra est chargée d'acquérir l'image obtenue qui est transmise à l'ordinateur. Un miroir permet de contrôler les surfaces latérales et la surface supérieure de la pièce avec une seule caméra. Le traitement des images se fait au rythme de l'acquisition des données. La machine décrite localise les défauts. Selon la dimension et le nombre de défauts détectés, une décision est prise concernant le rejet ou non de la pièce.

5/ Conclusion et Perspectives

Le problème majeur d'une telle étude est la mise en évidence des défauts sur la chaîne d'acquisition. La surface des pièces, extrêmement réfléchissante, a nécessité le développement d'un éclairage original. Cet éclairage structuré, à base de franges lumineuses, permet de mettre

en valeur les défauts. Ce dernier pourrait avoir des applications bien dans d'autres domaines.

Les contraintes industrielles sont parfois éloignées de celles liées à la qualité de détection et à sa quantification. Il s'agit le plus souvent de la cadence de défilement des pièces et de leur positionnement devant le champ de la caméra. Ces contraintes ont motivé le développement d'un filtre détecteur adapté aux images obtenues. L'avantage de ce filtre est qu'il ne se base sur aucun *a priori*, et qu'il présente une faible complexité en terme d'algorithme. Son implantation temps réel sur un ordinateur, en utilisant des instructions de type MMX, donne de bons résultats aussi bien en robustesse qu'en finesse de détection.

6/ Bibliographie

- [1] Truchetet, H. Jender, P. Gorria, M. Paindavoine, P.A. Ngô, « *Automatic surface inspection of metal tubes by artificial vision* », *Journal of Materials evaluation*, Vol. 55, N°4, pp. 497-503, April 1997.
- [2] Dumont, F. Truchetet, D. Aluze, F. Meriaudeau, « *Real time characterization of aspect flaws on warped surfaces by artificial vision* », *Optical Engineering*, Vol. 36, n°10, pp. 2886-2896, October 1997.
- [3] Aluze, C. Coulot, F. Meriaudeau, P. Gorria, C. Dumont, « *Machine vision for the control of reflecting non plane surfaces* », *SPIE, Intelligent System and Advanced Manufacturing*, pp. 180-186, Pittsburgh, 13-17 October 1997.
- [4] S. Kiyasu, H. Hoshino, K. Yano, and S. Fujimura, « *Measurement of the 3-d shape of specular polyhedrons using an m-array coded light source*, » *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement* 44, pp. 775-778, June 1995.
- [5] R. Valkenburg and A. McIvor, « *Accurate 3d measurement using structured light system*, » *Image and Vision Computing* 16, pp. 99-110, 1997.
- [6] G. Delcroix, D. Aluze, F. Merienne, B. Lamalle et P. Gorria, « *On-line Defects Localization on Mirror-Like Surfaces*, » *SPIE Conference on Machine Vision Applications in Industrial Inspection VII*, January 24-29 1999, San José (USA), Vol. 3652, pp. 34-42.
- [7] B. Batchelor, D. Hill, and D. Hodgson, *Automated Visual Inspection*, IFS Publications LTD and North Holland, 1985.