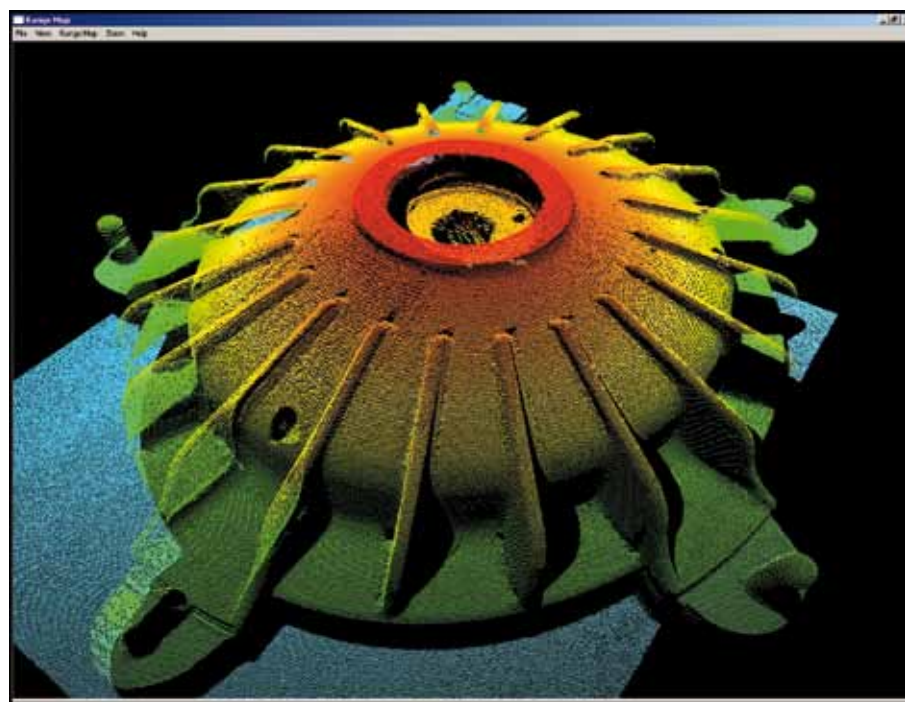


INSPECTIONS ET MESURES 3D

Ce qu'il faut savoir avant de faire son choix

▼ La vision 3D suscite un intérêt croissant. Grâce aux progrès techniques réalisés dans les caméras et les systèmes de traitement, elle s'intègre de plus en plus dans l'environnement industriel. Guidage de robots, mesure de dimensions ou de volumes, contrôle de formes, d'aspect... son champ d'applications ne cesse de s'élargir. La technologie, très intuitive, répond à de réels besoins et pallie les limites des systèmes 2D. Mais sa mise en œuvre est souvent complexe. Les différentes méthodes d'acquisition présentes sur le marché (triangulation, stéréovision, temps de vol...) ont des avantages et des limites qui leur sont propres. Le choix dépend du type d'applications que l'on souhaite réaliser. Ensuite, il y a certaines précautions à prendre.



En vision industrielle, un nombre croissant d'applications nécessite de connaître la forme 3D des objets pour en mesurer le volume, les dimensions, ou pour en contrôler l'aspect. Il existe pour cela plusieurs technologies très différentes. La triangulation laser et la stéréovision sont les plus connues, mais d'autres méthodes font également leurs preuves depuis peu. Le plus grand soin doit être apporté dans la mise en œuvre de ces solutions, qui reste relativement complexe.

Dans les salles de cinéma, sur les consoles de jeux, les écrans de smartphones, et bientôt sur les caméscopes ou les télévisions, il n'y en a que pour elle. En quelques mois, la 3D est devenue quasiment incontournable. Dans l'industrie aussi, les solutions de vision 3D sont à la mode. Les annonces se multiplient, les fabricants déjà présents depuis

plusieurs années dans ce domaine enrichissent leur offre, et de nouveaux venus font leur entrée sur ce marché. Dans le principe, pourtant, il n'y a rien de nouveau. La plupart des méthodes d'acquisition utilisées (comme la triangulation laser) existent depuis de nombreuses années. Mais elles suscitent un nouvel intérêt. « Grâce à la démocratisation de la 3D dans

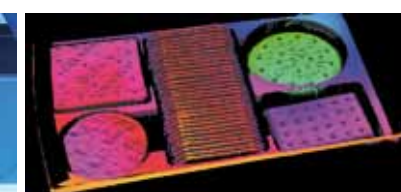
notre quotidien, les industriels portent un nouveau regard sur ces technologies. Désormais, lorsque nous proposons une solution de vision 3D multicaméra, nous ne passons plus pour des ovnis ! », constate Bernard Peuchot, gérant de Videometric. « Il y a un réel engouement pour cette technologie, confirme Baptiste Güldner, responsable du service technique chez Stemmer Imaging. Les raisons du succès sont multiples. En offrant des puissances de calcul de plus en plus importantes, les caméras peuvent désormais s'adapter aux cadences des lignes de production. Le matériel devient aussi plus abordable. Et il existe de plus en plus de logiciels capables de traiter des nuages de points 3D. » Pour Frédéric Equoy, responsable de GipsVision, « l'apparition de matériels intégrés contribue à démocratiser la technologie. Mais certains domaines s'ouvrent aussi à la vision, et en particulier à la 3D, car elle se prête bien à leurs besoins. C'est le cas par exemple de l'agroalimentaire, avec les applications visant à découper des produits en différentes parts de poids constant. » Le fait d'accéder à la troisième dimension autorise toutes sortes de

cache en réalité une grande variété de solutions. L'acquisition du nuage de points, par exemple, n'est pas toujours basée sur la même technologie. Les deux plus connues sont la triangulation laser et la stéréovision. Leur principe est très différent. En triangulation laser, une raie laser est projetée sur l'objet à mesurer. Le profil de la ligne est analysé par une caméra selon le principe de la triangulation. Lorsque l'objet se déplace par rapport au laser (ou lorsqu'on déplace le laser et la caméra par rapport à l'objet), il est balayé par une succession de raies laser qui forment un ensemble de profils 2D. Ces "tranches" virtuelles de l'objet sont alors rassemblées pour construire une image 3D. La technologie est éprouvée, et elle offre plusieurs avantages non négligeables : la possibilité d'utiliser de "simples" caméras 2D, d'obtenir de grandes vitesses d'acquisition, ainsi qu'une précision élevée. « En triangulation laser, le dixième de millimètre n'est pas difficile à atteindre », indique Baptiste Güldner (Stemmer Imaging). Plus on augmente l'angle entre la caméra et le laser, plus on augmente la précision. En revanche, on réduit aussi la hauteur maximale de la zone de mesure. Un des modèles IVC 3D de Sick offre une précision pouvant atteindre 0,015 mm, mais sur une hauteur de mesure restreinte (31 mm). La plupart du temps, « la méthode permet aussi de s'affranchir des problèmes liés à l'influence de l'éclairage ambiant », ajoute Thierry Pouchol (Sick).

En contrepartie, elle ne fonctionne qu'à condition de provoquer un déplacement de l'objet (ou de la caméra et du laser par rapport à l'objet). Il faut donc prévoir une synchronisation entre l'acquisition des données et le déplacement. Attention aussi à limiter les occlusions. Lorsque le faisceau laser est



Dans le domaine de la triangulation laser, il existe des systèmes prêts à l'emploi intégrant le capteur, le laser, et même le traitement des données 3D. Ces solutions peuvent délivrer des informations TOR, comme un caméra 2D intelligente.



En balayant les objets par un laser, devant le capteur d'images, les solutions de vision 3D par triangulation reconstituent leur volume en 3D.

il est possible là aussi d'utiliser des caméras 2D classiques. Le principal avantage de la stéréovision, c'est qu'elle ne nécessite aucun mouvement. L'acquisition, quant à elle, est simple et rapide.

En revanche, la méthode dépend fortement de l'éclairage. Pour retrouver le même point de l'objet dans les deux images, il faut s'assurer que l'on maîtrise correctement ce paramètre. Enfin le système est souvent complexe à calibrer.

Des technologies complémentaires

Précisons qu'il existe une variante à cette méthode : la stéréovision par projection de franges. Dans ce cas on projette sur l'objet un motif lumineux structuré, afin de simplifier la mise en correspondance des deux images. La méthode s'avère nécessaire lorsque la scène observée comporte trop peu de points remarquables (c'est le cas si l'objet n'est pas naturellement texturé, par exemple). Bien sûr, il faut ensuite des outils spécifiques de traitement pour analyser les nuages de points 3D que l'on obtient.

Hormis ces deux grands principes d'acquisition, d'autres méthodes font aussi leurs preuves dans certaines applications. C'est le cas de la triangulation par projection de franges. Au lieu de projeter un point ou une raie laser sur l'objet, et de l'analyser suivant le principe de la triangulation, on utilise une lumière structurée. L'avantage, c'est qu'aucun mouvement de la caméra ou de l'objet n'est nécessaire. En projetant un motif changeant sur l'objet, c'est un peu comme si l'on balayait sa surface par le déplacement de plusieurs franges. Il suffit donc d'utiliser une caméra 2D et un projecteur pour réaliser l'acquisition. La triangulation par projection de franges offre une vitesse d'acquisition élevée (avec des temps d'enregistrements courts) et une résolution importante. Bien sûr, il est nécessaire là encore de calibrer le système et de prendre en compte les variations d'éclairage ambiant. D'autre part la →

L'essentiel

- La vision 3D se caractérise par une grande variété de méthodes d'acquisition et de matériels.
- Les technologies utilisées sont souvent performantes, mais elles peuvent être aussi complexes à mettre en œuvre.
- Le choix dépend des caractéristiques de chaque application, du résultat attendu et de son niveau d'expertise.

Les principales méthodes de vision 3D

Méthode	Déplacement nécessaire	Résolution	Type de signal	Applications typiques
Triangulation laser	Oui	Élevée	Image 2D	Robotique, contrôle d'aspect, métrologie...
Projection de franges	Non	Élevée	Nuage 3D	Contrôle d'aspect, métrologie
Stéréovision	Non	Élevée	Image 2D	Robotique, métrologie
Stéréovision par projection de franges	Non	Élevée	Nuage 3D	Mtrologie, contrôle d'aspect, etc.
Conoscopie holographique	Oui	Élevée	Signal 1D	Mesure de profils, d'épaisseurs, de diamètres, etc.
Temps de vol	Non	Faible	Image 2D	Logistique, surveillance îlots robotisés, etc.



Dans le domaine de la stéréovision, comme en triangulation laser, il existe aussi des solutions déjà précalibrées, pour faciliter la tâche de l'utilisateur final. Les systèmes de Gom, par exemple, intègrent les caméras dans le même boîtier. Ils réalisent un contrôle 3D suivant un principe proche de la vision humaine.



On peut réaliser une application de triangulation en choisissant le laser et la caméra 3D. Certains modèles intègrent le capteur d'images et un FPGA qui réalise une grande partie du traitement.

→ méthode fonctionne mal sur les objets réfléchissants. Néanmoins, « il s'agit d'une technique intéressante, qui commence à faire son entrée dans l'industrie sous forme de produits sur étagère », souligne Baptiste Guldner (Stemmer Imaging). Autre méthode couramment utilisée dans la vision 3D, les systèmes basés sur la mesure du temps de vol. La technique, relativement simple et peu coûteuse, offre des caractéristiques intéressantes en terme de distance de mesure ou de robustesse. Mais la précision de la mesure reste pour l'instant largement inférieure à celle des techniques mentionnées jusqu'à présent. On ne l'emploie donc pas pour le même type d'applications. Citons enfin la conoscopie holographique. Les appareils basés sur ce principe sont des scanners 3D qui emploient un laser collimaté à l'axe optique. Ils acquièrent un signal 1D en mesurant la hauteur de l'objet. En couplant cette information avec un déplacement, on obtient alors le résultat souhaité (une mesure de profil, de diamètre, d'épaisseur, etc.).

Une grande variété d'applications

On le voit, chaque méthode d'acquisition se distingue par ses avantages, et surtout ses limites. « Cette variété de technologies a ouvert la voie à la 3D dans des applications où la triangulation fonctionnait mal », explique Xavier Savin, président de Visionic. Pour faire le bon choix, il n'y a pas de règle générale. « Les principaux critères sont le temps d'acquisition, le type de matériau, sa géométrie, la précision recherchée, l'accès-

sibilité de l'objet et ses dimensions », poursuit-il. Il est donc difficile d'attribuer à telle ou telle méthode un champ d'applications spécifique. On constate bien sûr qu'en raison de leur précision limitée, les systèmes basés sur le temps de vol se prêtent davantage à la logistique qu'à la métrologie dimensionnelle. Ils peuvent être utilisés par exemple pour trier des objets volumineux ou contrôler la hauteur de palettes. La triangulation laser, de son côté, est privilégiée dans les applications où il y a un déplacement (provoqué ou non) de l'objet. On l'utilise pour des applications de repérage (dans le guidage de robots par exemple), mais aussi pour réaliser des mesures dimensionnelles ou volumiques. La méthode est employée dans l'agroalimentaire pour le contrôle de formes ou le suivi de découpe, en s'affranchissant de la couleur des aliments. « Nous avons réalisé une application où l'on mesurait le volume de fromages par triangulation laser afin de découper des tranches de même poids », indique Baptiste Guldner (Stemmer Imaging). On peut aussi associer à la mesure 3D d'autres types de contrôles comme celui de la couleur. « Dans l'agroalimentaire, la pharmacie, le contrôle de la cuisson de briques, tuiles, etc., la couleur est souvent importante », souligne Thierry Pouchol (Sick). Le modèle Ranger Couleur de la société fournit à lui seul les données 3D et la couleur de chaque point de l'objet à une vitesse élevée (plus de 11 kHz). « On obtient ainsi toutes les mesures nécessaires avec une seule caméra », poursuit Thierry Pouchol. Plusieurs solutions de vi-

sion 3D associent aussi l'exploitation des raies laser avec un traitement par niveaux de gris "classique" (et des outils d'analyse 2D). Dans l'agroalimentaire, par exemple, la vision 3D s'intéressera au contour du produit et à son volume, alors que l'analyse 2D pourra fournir simultanément des informations complémentaires (lire une étiquette, mesurer la proportion de graisse dans une tranche de viande, etc.). La stéréovision, de son côté, peut être également utilisée pour du contrôle d'aspect ou de la métrologie. « On l'emploie aussi en robotique, dans les applications où l'on a une profondeur de champ relativement importante ou un environnement peu maîtrisé », ajoute Frédéric Equoy (GipsVision). Chaque intégrateur peut aussi avoir l'habitude de travailler avec une méthode spécifique. Chez Videometric, par exemple, c'est la stéréovision par projection de franges qui est privilégiée. « Grâce à cette méthode, et à l'algorithme spécifique que nous avons développé, nous obtenons des précisions très importantes sur de larges zones de mesure », indique Bernard Peuchot. La société a récemment réalisé une application consistant à analyser la géométrie complète d'un villedreuil par stéréovision. La solution, qui utilise 32 caméras, fournit 12 millions de points de mesure. Pourtant le contrôle ne nécessite pas plus de 24 secondes. « De tels systèmes à projection de franges peuvent donc être utilisés sur les lignes de production », ajoute Bernard Peuchot. Tout dépend aussi du niveau d'expertise

que l'on possède. Heureusement, il n'est pas toujours nécessaire d'être un spécialiste de la vision pour réaliser une application de contrôle 3D. Il existe en effet une grande variété de solutions destinées à tous les besoins. En triangulation laser, on trouve de plus en plus de systèmes "prêts à l'emploi", déjà calibrés, qui intègrent dans le même boîtier la caméra, le laser, et parfois tous les outils de traitement 3D nécessaires pour analyser les images. C'est le cas des caméras IVC 3D de Sick, ou des modèles de LMI Technologies, qui peuvent fournir directement l'information Tout-Ou-Rien en sortie. Ces "capteurs 3D intelligents" sont destinés à l'utilisateur final qui n'est pas forcément spécialiste en vision. Comme la position du laser et de la caméra est déjà calibrée, la mise en œuvre de ces solutions est simple et rapide. Et il n'est pas nécessaire de rajouter des outils de traitement 3D spécifiques. « Cela correspond à une tendance de fond que l'on a déjà constatée dans la vision 2D : à côté de produits très performants pour les applications les plus complexes, il y a de plus en plus de caméras très simples d'emploi, compactes et peu coûteuses. C'est en partie grâce à ces solutions que la technologie se démocratise », souligne Thierry Pouchol (Sick).

Trois types d'offre

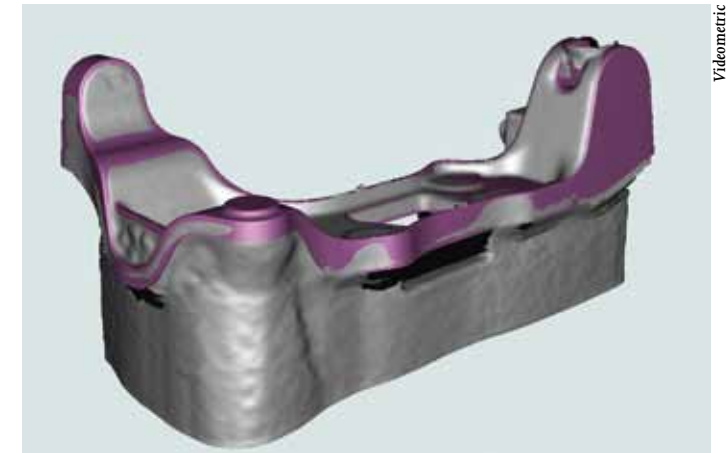
Ce qui fait l'avantage de ces solutions constitue aussi leur principal inconvénient. Comme elles sont précalibrées, leur réglage est imposé. Il y a donc une précision définie pour chaque volume de mesure. Impossible de jouer sur les positions relatives du laser et de la caméra, ou de changer la caméra, pour obtenir des résultats différents... Il faut donc choisir, parmi tous les modèles que proposent les fabricants, celui qui offre le volume

de mesure et la résolution souhaités.

À l'opposé, on peut réaliser son application en choisissant tous les composants (le laser, la caméra 2D, l'optique, le logiciel...). Le traitement 3D s'effectue alors dans le PC ou dans une carte d'acquisition qui réalise un prétraitement.

L'intérêt, c'est que l'on est complètement libre dans le choix de sa solution. On peut donc adapter la longueur d'onde du laser, la résolution de la caméra, sa vitesse, etc. en fonction des besoins de l'application. Mais ce type de solutions est complexe à mettre en œuvre car il nécessite de réaliser soi-même la calibration. Il est donc destiné aux intégrateurs qui apportent leur savoir-faire en construisant une application sur mesure. Entre les deux extrêmes, on peut aussi choisir un laser et utiliser des caméras 3D intégrant le capteur d'images et un FPGA, qui réalise une grande partie du traitement. C'est le cas des modèles de Automation Technology, qui fournissent en sortie le nuage de points 3D. Il ne reste ensuite qu'à utiliser un logiciel spécifique pour l'exploiter. De même la caméra 3D GatorEye de Matrox Imaging extrait le profil de la ligne laser et fournit la matrice de position associée. C'est ce résultat qui est ensuite transmis pour la suite du traitement.

Dans la stéréovision, on retrouve un peu le



Videometric s'est appuyé sur la stéréovision par projection de franges pour réaliser (avec le CTIF) une application d'usinage adaptatif pour l'ébavurage automatisé de pièces de fonderie.

même type d'offres. Il existe (chez Gom ou Creaform, par exemple), des systèmes intégrés et précalibrés. Avec le même type d'avantages et de limites. Pour ne pas se tromper, il faut donc cerner correctement ses besoins et ne pas sous-estimer la difficulté de l'application. « Il est toujours possible d'avoir des résultats en installant une caméra et un laser... Mais dès que l'on souhaite obtenir une certaine précision, ou une vitesse élevée, cela devient très vite compliqué. La vision 3D, c'est un métier », résume Bernard Peuchot (Videometric). « Attention aussi à ne pas céder à un effet de mode, ajoute Eric Sabardeil, directeur de @bcVision industrielle. Les applications de vision 3D sont souvent complexes, et elles aboutissent à un grand nombre de données à traiter. Si l'on n'a pas cerné correctement ses besoins, ce n'est pas en rajoutant une troisième dimension que l'on va résoudre tous ses problèmes. Bien au contraire ! Les solutions les plus simples sont souvent les meilleures. L'essentiel, c'est qu'elles répondent au besoin ».

Marie-Line Zani-Demange



Couleurs RVB et 3D :
tout voir avec une
seule caméra !

Nouveau système de vision Ranger Couleur E :
La combinaison d'une caméra 3D haute vitesse
et d'une caméra linéaire couleur

- Acquisition de données 3D et couleur simultanément à plus de 11kHz
- Capteur haute résolution : jusqu'à 3072 pixels pour la couleur et 1536 pixels pour la 3D
- Multilinéaires : RVB + Monochrome
- Haute-qualité couleur : lignes capteur séparées pour Rouge, Vert, Bleu
- Fonctionnalités pour l'optimisation du rendu des couleurs : balance des blancs, correction spatiale
- Technologie MultiScan : 3D, couleur, contraste et scatter en même temps
- Outil de calibration 3D
- Intégration simple et possibilité de télémaintenance avec l'Ethernet Gigabit

SICK France | 21, bd de Beaubourg | 77184 Emerainville
Tél. : +33(0)164623572 | Fax : +33(0)164623577 | www.sick.fr

SICK
Sensor Intelligence.