

APPLICATION INDUSTRIELLE

La vision 3D aide le robot à décharger les palettes

Depuis 18 mois, l'usine de Ionisos à Dagneux (dans l'Ain) utilise la vision pour automatiser le déchargement de palettes contenant des cartons de produits à stériliser. Cette application pourtant "typique" de la vision 3D a nécessité de surmonter de nombreuses contraintes. La variabilité des produits (la taille des cartons, leurs couleurs, leur disposition sur la palette...) ainsi que les exigences spécifiques du process ont compliqué la tâche des intervenants. Pour Ionisos, cette application s'est inscrite dans une démarche globale visant à automatiser les opérations de manutention de l'usine. Malgré la complexité du projet, cinq semaines ont suffi pour métamorphoser l'ensemble du site.

Avec ses 75 employés répartis sur quatre sites, Ionisos est un prestataire de services spécialisé dans le traitement par rayonnements ionisants. Dans son usine de Dagneux, près de Lyon, il reçoit une grande variété de produits (matériel médical, produits cosmétiques, pharmaceutiques, etc.) qu'il expose aux rayons gamma émis par une source de cobalt radioactif. Ce rayonnement assure la stérilisation des produits, qui sont ensuite

renvoyés chez les industriels d'où ils proviennent. Près de 50 000 palettes sont ainsi traitées tous les ans sur le site.

Depuis la construction de l'usine en 1973, toute l'installation est disposée autour de l'enceinte en béton contenant la source radioactive. Celle-ci se présente sous la forme d'un panneau d'environ trois mètres sur quatre, qui peut monter ou descendre dans



Pour automatiser le déchargement des palettes contenant les cartons de produits à traiter, Ionisos a fait installer un portique intégrant une caméra, un laser et un télémètre. Grâce aux informations fournies par cette solution de vision 3D, le robot connaît la position des cartons qu'il doit saisir et déplacer.

une piscine de stockage. En position de traitement, la source est maintenue en l'air par des câbles. Les cartons de produits à traiter sont acheminés automatiquement dans la cellule d'irradiation, grâce à des nacelles (les "balancelles") suspendues à un réseau de rails. Celles-ci suivent un circuit bien précis, serpentent plusieurs fois devant la source à une vitesse définie, puis sortent de l'enceinte. La dose que les produits ont absorbée à la fin du trajet dépend alors de plusieurs facteurs : la distance entre la source et les nacelles, le nombre de fois qu'ils sont passés devant elle, la durée de l'irradiation, la densité des produits, etc. Tout autour de la salle d'irradiation, c'est un peu comme si l'on avait suspendu au plafond un réseau de chemins de fer... avec des virages, des aiguillages et même des voies de garages. La circulation des balancelles de produits à traiter (ou en cours de traitement) doit en effet répondre à deux impératifs : tout est conçu de manière à ce que chaque type de produit reçoive la dose nécessaire à son traitement, et à ce que l'emploi de la source radioactive soit "ren-

tabilisé" au maximum. « La source de cobalt fonctionne en continu, et elle perd 1 % de sa capacité de traitement tous les mois. Nous devons donc assurer une disponibilité maximale de l'installation afin de maintenir le niveau de productivité », explique Hervé Esmilaire, directeur général de Ionisos.

Des contraintes très spécifiques

Pour que la source ne fonctionne pas "à vide", l'installation doit tourner en continu. Lorsque des balancelles de produits stérilisés sortent de la cellule d'irradiation, il faut que les suivantes soient prêtes à rentrer, et ainsi de suite... quitte à utiliser momentanément des voies de garage pour réguler le flux. La gestion de la circulation des balancelles est donc relativement complexe, et ce d'autant plus que les produits n'ont pas tous besoin de la même dose d'irradiation. Ils ne font donc pas le même nombre de tours dans le circuit. En amont du traitement, l'opération de déchargement des palettes contenant les cartons de produits à traiter doit elle aussi suivre le rythme pour ne pas ralentir toute la chaîne. C'est sur ce poste que Ionisos a été

L'essentiel

- ▶ Grâce à un système de vision 3D par profilométrie laser, l'usine de Ionisos à Dagneux décharge automatiquement les palettes de produits qu'elle reçoit.
- ▶ La principale difficulté de l'application réside dans la variabilité des cartons à décharger.
- ▶ Après un investissement de 2,5 M€ et à peine cinq semaines de travaux, le site a été entièrement réorganisé.

amené à installer une solution de vision 3D. Le choix de la vision s'est inscrit dans une réflexion globale visant à accroître la productivité du site. Compte tenu de la nature de son activité, Ionisos est soumis à des contraintes réglementaires très strictes. L'usine fait l'objet d'une autorisation ministérielle, qui précise notamment le seuil limite de radioactivité autorisé. S'il souhaite accroître la productivité de l'installation, le prestataire doit donc augmenter le rendement de la source radioactive. Une méthode couramment employée consiste à utiliser une source dite "centrée". Comme la source irradie davantage le centre de la balancelle, les extrémités hautes et basses reçoivent une dose plus faible. Il faut donc permuter les produits à mi-traitement afin de maintenir l'homogénéité de la dose en tous points.

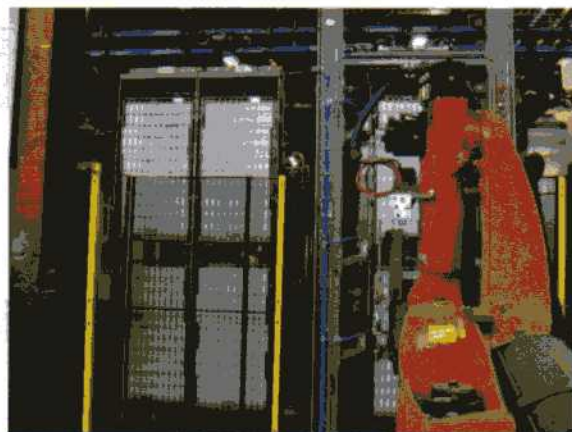
Un projet global pour automatiser l'ensemble du site

Pour réaliser cette permutation, Ionisos a fait développer un robot permettant d'échanger le "panier" du haut avec celui du bas. La solution ne manque pas d'avantages : les cartons reçoivent tous une dose équivalente de radioactivité sans qu'il soit nécessaire d'augmenter les temps de cycle, la source est utilisée au maximum de ses capacités, et elle traite davantage de produits en usant la même quantité de cobalt... Devant l'intérêt de cette solution, Ionisos a eu l'idée d'étendre l'automatisation au reste du site. Il s'est notamment intéressé au poste de déchargement des palettes contenant les cartons à traiter. « Jusqu'en 2009, tous les cartons étaient déchargés des palettes puis chargés sur les balancelles par des opérateurs, indique Hervé Esmilaire. Outre le coût de ces ressources humaines et les limites en termes de productivité, il s'agissait de tâches physiquement difficiles et peu valorisantes pour le personnel. Nous avons donc profité de l'installation du robot destiné à permuter les cartons sur les balancelles pour automatiser aussi le poste de déchargement ».

Dès lors, l'application de départ prend une toute autre dimension... C'est l'installation complète qu'il faut repenser. « Ce changement radical, à la fois technique et culturel, a nécessité de multiples savoir-faire en robotique, vision, mécanique, automatismes, informatique, etc. Ce fut un véritable défi, à tous les niveaux », souligne Hervé Esmilaire. Comme souvent dans ces cas-là, le souci majeur de l'industriel consiste à ne pas arrêter trop longtemps son installation. Pour Ionisos, il était important de faire coïncider les travaux avec le remplacement de la source de cobalt (qui est effectué une fois par an durant une semaine) et avec la pé-

riode de maintenance qui s'étale sur trois semaines en été. Pour mener à bien son projet, la société fait appel au groupe Vinci Energies, qui dispose des compétences nécessaires dans les différents domaines concernés. Plusieurs entreprises du groupe sont impliquées : Actemium (à Saint-Laurent-de-Mure) pour la partie robotique et manutention au sol, Handling System pour le convoyage aérien et la maîtrise d'œuvre et deux autres sites d'Actemium pour les automatismes et la traçabilité. De son côté, Actemium choisit de confier la vision à un intégrateur, la société grenobloise Bretagnolle & Associés, qui a déjà une expérience dans la vision 3D. Ces différentes entreprises se synchronisent pour aboutir au résultat imaginé par Ionisos : après un investissement global de 2,5 millions d'euros et à peine cinq semaines de travaux, le site est complètement métamorphosé.

Un portique est installé au niveau du poste de chargement et déchargement. Sur ce poste est installée une solution de vision 3D par profilométrie (caméra et laser). A proximité, un premier robot de grande envergure (R1) s'appuie sur la vision pour saisir par aspiration les cartons situés sur la palette et les disposer dans des conteneurs. Un peu plus loin, un autre robot (R2) charge ces conteneurs dans les balancelles, qui s'engagent ensuite dans les réseaux de convoyage aérien. Au cours du cycle, les balancelles passent devant le robot de permutation qui échange les deux conteneurs. Une fois le traitement terminé, elles reviennent au poste de chargement/déchargement. Là, un troi-



Les cartons de produits à traiter sont placés dans des nacelles suspendues à un réseau de rails. Ces « balancelles » serpentent ensuite dans la cellule d'irradiation, le temps que chaque produit reçoive la dose nécessaire à son traitement.

sième robot (R3) décharge les balancelles de leurs conteneurs. Le robot R2 vide ensuite les conteneurs et repalettise les cartons. Au total, ce sont ainsi plus de 200 balancelles par jour qui sont chargées et déchargées. Entre le moment où un carton à traiter rentre dans la chaîne, et celui où il est repalettisé, il peut s'écouler jusqu'à 24 heures.

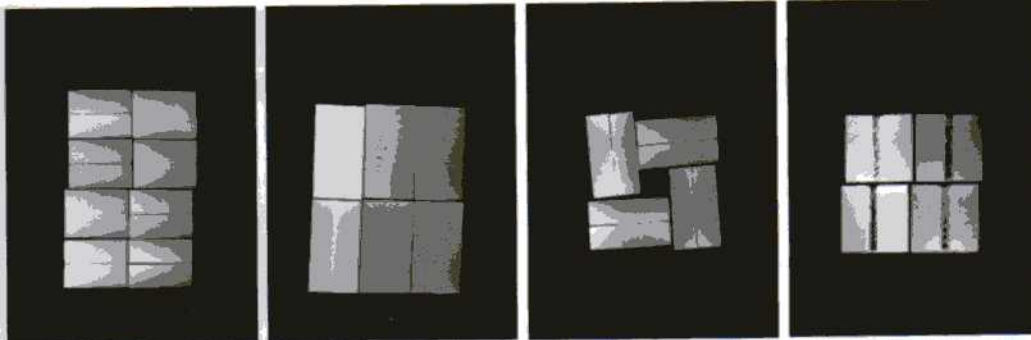
Pour en arriver là, il a fallu surmonter de nombreuses contraintes techniques. « En apparence, il ne s'agit que d'associer un robot à une caméra pour saisir des produits et les déplacer. Mais la réalité est toute autre, car de multiples facteurs viennent compliquer l'application », souligne Michel Rosa, responsable d'affaires chez Actemium. La plus grande contrainte provient de la variabilité des produits à traiter. Suivant leur provenance, les colis sont plus ou moins grands, plus ou moins souples, ils peu- →

La stérilisation aux rayons gamma



Issu de la fusion en 1993 des sociétés Conservatome et Amphyrion, Ionisos est un spécialiste de la stérilisation par rayonnements ionisants. Il utilise pour cela deux technologies complémentaires : les rayons gamma et les électrons accélérés. L'usine de Dagneux emploie les rayons gamma. Elle dispose d'une cellule d'irradiation représentant une capacité totale de 2 200 000 curie de cobalt 60. Par

rapport à d'autres procédés de stérilisation (vapeur, pasteurisation, oxyde d'éthylène...), « il s'agit d'un procédé très efficace, qui autorise un traitement à travers l'emballage », indique Hervé Esmilaire, directeur général de Ionisos. Le produit traité n'est pas contaminé par la radioactivité, et il est disponible dès la fin de la stérilisation. Enfin, l'ionisation s'effectue sans élévation de température ni ajout d'additif chimique. Grâce à ce procédé, Ionisos stérilise une grande variété de produits : matériel médical, articles de conditionnements (flacons, capsules, bouchons...), matières premières ou produits finis des industries pharmaceutiques, etc.



Grâce à la vision 3D, le robot connaît la façon dont les cartons sont disposés sur la palette, leur nombre, leurs dimensions, et leur position. Les niveaux de gris indiquent les variations de hauteur. Seule la présence de scotchs de couleur foncée (4ème photo) peut parfois prêter à confusion.

→ vent être lourds ou très légers. Au sein d'un même lot, la taille des cartons n'est pas toujours rigoureusement identique. D'autre part, ils ne sont pas forcément préparés de la même manière : leur couleur peut varier (blanc, marron, etc.) ainsi que la largeur ou la couleur du scotch qui les maintient, etc. Suivant leurs dimensions, ils peuvent être placés côte à côte ou disposés en quinconce. Enfin, ce sont des colis en carton qui ont déjà été manipulés : certains peuvent donc être bombés, légèrement déformés... autant de facteurs qui ne facilitent pas leur manipulation. Finalement, les seules constantes sont l'encombrement au sol (car les palettes ont les mêmes dimensions) et la forme parallélépipédique des colis. On sait aussi que leur poids ne dépasse pas une soixantaine de kilogrammes. Le robot, de son côté, a besoin de connaître avec précision l'emplacement

exact (latéral et vertical) des cartons, leur disposition, leur nombre et leurs dimensions. Le préhenseur pneumatique doit en effet se placer assez près, pour aspirer le colis, mais pas trop, pour ne rien endommager. De même, il ne faut pas qu'il soit "à cheval" entre deux cartons lors de l'aspiration, ni qu'il les lâche de trop haut, pour éviter de les abîmer.

Saisir tous les cartons

Pour aider le robot dans sa manipulation, un certain nombre de données de départ sont mémorisées. Ainsi, dès qu'un nouveau lot se présente, le robot sait le nombre de colis que contient la palette (nombre de colis par niveau et nombre de niveaux), il a un ordre d'idées du poids des cartons et de leurs dimensions. Il peut ensuite recouper ses informations avec celles que lui fournit la vision.



La solution de vision 3D utilisée par Ionisos est basée sur le principe de la triangulation laser. La caméra est légèrement inclinée par rapport à l'angle d'incidence du laser. Celui-ci balaye l'ensemble des cartons restants dès que l'un d'entre eux est enlevé par le robot. La caméra visualise alors un ensemble de profils 2D, qui sont ensuite reconstitués pour former une vue en 3D. Un capot protège cette solution de l'éclairage ambiant.

« Dans une telle application, l'analyse d'images est indispensable. Seule la vision peut "dire" au robot que les colis sont disposés en quinconce, par exemple », note Frédéric Equoy, responsable de GipsVision (qui a repris la partie "vision" du projet suite au départ à la retraite de Bernard Bretnolle). « Tout le problème est de saisir correctement les cartons, ajoute Patrice Ollivier, responsable projets chez Actemium. Au fur et à mesure que

la palette se vide, les colis doivent être saisis à des niveaux de plus en plus bas. Sur le même niveau, il peut aussi y avoir de légères variations de hauteur dues à des colis déformés. » « Il suffit par exemple que deux cartons n'aient pas rigoureusement la même taille, ou que l'on ait empilé des cartons légèrement bombés pour que l'écart, en haut de la pile, soit conséquent et qu'il perturbe la manipulation du robot », explique Michel Rosa (Actemium).

Le principe de fonctionnement est relativement simple. Un télémètre, placé sur le portique à proximité de la caméra, effectue une première mesure de distance, pour évaluer la hauteur approximative à laquelle le préhenseur doit se positionner. Il est associé à une caméra matricielle, inclinée à 45°, et à un laser vertical. Tout problème de réflexion est donc éliminé. Quant à l'influence de l'éclairage extérieur, elle est atténuée grâce à une sorte de capot qui a été ajouté au portique. Lorsque le laser balaye la palette, la caméra "voit" une succession de profils. Le système de traitement d'images associé peut alors reconstituer le volume en 3D. « Un premier calibrage de la position relative du laser par rapport à la caméra conduit à l'obtention d'un nuage de points 3D », précise Frédéric Equoy (Gips Vision). L'autre contrainte d'étalonnage consiste à mettre en correspondance le repère du robot avec celui de la caméra.

Lorsque le robot saisit un des colis de la palette, ceux qui sont situés à proximité peuvent se déplacer légèrement. Pour que ce mouvement ne perturbe pas la prochaine manipulation, le laser effectue automatiquement un nouveau balayage à chaque fois que le robot a déchargé l'un des colis. Ce balayage s'effectue en temps masqué, pendant que le robot dispose le colis qu'il a pris sur le conteneur.

Les images obtenues sont riches d'enseignement. Hormis les mesures 3D qui sont réalisées, la vision fournit l'image de la disposition des cartons. Le robot peut donc venir se caler, avec précision, sur le contour extérieur de chaque colis pour le soulever sans

risque. Au niveau de la hauteur, « il suffit d'une précision de l'ordre du centimètre pour que le préhenseur saisisse correctement les cartons », estime Patrice Ollivier (Actemium). Les faibles différences de hauteurs apparaissent à l'image en variations de niveaux de gris. Pour éviter tout risque d'endommagement, une plaque de mousse a été ajoutée au bout du préhenseur. Elle permet de compenser les légères variations de hauteurs qui pourraient être dues à des colis légèrement déformés ou inclinés. « Ainsi on est sûrs de répartir l'aspiration sur toute la surface », indique Michel Rosa (Actemium). Au fur et à mesure que la palette se vide, le robot "voit" les cartons qui lui

restent et leur disposition... jusqu'à ce qu'apparaisse l'image de la palette, signe que le déchargement est terminé. Il saisit alors la palette pour la placer sur un autre poste situé à proximité. Au final, le temps de déchargement d'une palette est compris entre 12 et 15 minutes.

Des évolutions à prévoir

Pour Ionisos, la solution déployée a de multiples intérêts. L'investissement relativement lourd qu'elle a nécessité est compensé par un gain notable en productivité et en fiabilité. La société a aussi pu profiter de ce projet d'automatisation pour renforcer la traçabilité de son process. Pour les professionnels qui ont mis en œuvre la solution, « c'est la variabilité des colis à traiter qui a posé le plus de difficultés techniques », estime Frédéric Equoy (GipsVision).

Il a aussi fallu synchroniser les travaux des multiples intervenants, et ce en un temps record. « Le fait de travailler avec d'autres entreprises du même groupe a facilité la tâche, reconnaît Michel Rosa (Actemium). Certaines façons de faire et certains outils sont communs. Mais gérer une multiplicité d'intervenants reste compliqué. Heureusement, nous avons pu collaborer avec l'industriel. Dans ce type d'applications, et avec les délais qui nous étaient impartis, il s'agit d'un point essentiel. Il est réellement important d'établir une relation de confiance et de progresser ensemble. » L'installation devrait encore être améliorée d'ici peu. Certains types de cartons restent en effet problématiques. « Avec un laser rouge, les cartons et les scotchs de couleur claire ne posent aucun souci. Mais un carton noir ou bleu n'est pas forcément visible à l'image, en raison de l'absence de réflexion », précise Frédéric Equoy (Gips Vision). Même problème avec les scotchs de



Un robot de grande envergure a été installé au niveau du poste de déchargement. Équipé d'un préhenseur pneumatique, il saisit les différents cartons de produits à traiter, et les dispose dans des conteneurs situés à proximité. Plus loin, d'autres robots du même type se chargent de permuter les cartons ou de décharger les balancelles.

couleur foncée sur un carton clair : les bandes noires qui apparaissent à l'image peuvent laisser penser qu'il s'agit de l'interstice entre deux cartons (et non du même carton entouré de scotch). À l'heure actuelle, certains types de cartons susceptibles de poser problème sont encore déchargés manuellement. Mais plusieurs pistes de réflexion sont envisagées pour améliorer le traitement de l'image et accroître la robustesse de la solution.

Marie-Line Zani-Demange

Vision industrielle et traitement d'image

La société *Gips Vision* a été créée en 2009 par Frédéric Equoy (ancien responsable de l'ingénierie vision chez *Cybernetix*). La société propose ses services dans le conseil, l'étude et la réalisation de solutions de vision industrielle et de traitement d'images. Elle poursuit également une offre de produits logiciels dans des applications spécifiques (le logiciel *Gips4*, avec ses modules *Pixy* pour l'inspection d'afficheurs LCD, TFT, etc., et *Graduel*, pour le contrôle d'aiguilles sur des compteurs ou des horloges). Elle assure enfin le support et la formation techniques. La société, basée à Marseille, est membre du groupe Vision du *Symap*.