

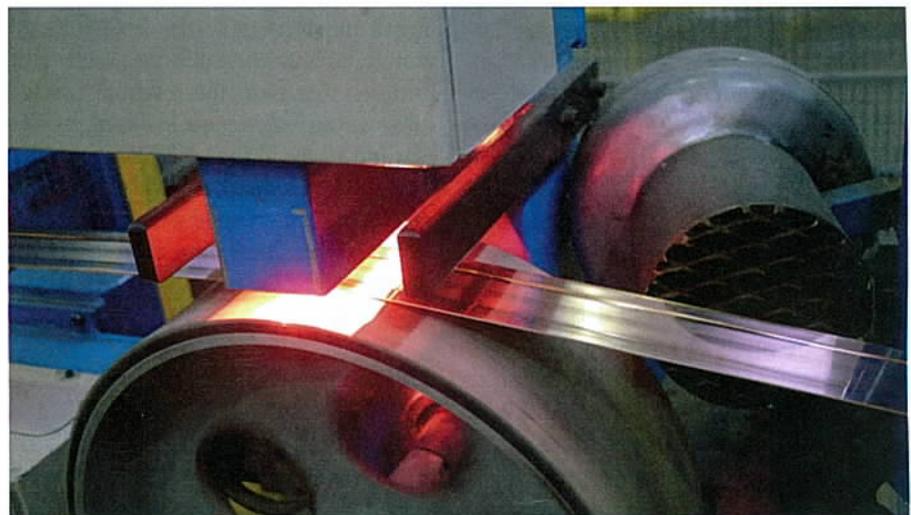
VISION INDUSTRIELLE

Des caméras linéaires contrôlent les laminés de cuivre

▼ Sur son site de Villers-Saint-Paul, dans l'Oise, la société Griset produit des laminés et des alliages de cuivre destinés notamment à la fabrication de composants électroniques. Pour contrôler ces longues bandes de métal en défilement et détecter le moindre défaut de surface, une solution s'est rapidement imposée: la vision linéaire. Le choix et l'installation des caméras et des éclairages ont nécessité de surmonter plusieurs contraintes techniques, mais le résultat final s'est montré à la hauteur des attentes. Grâce à la vision, Griset a pu aussi comprendre l'origine des anomalies et améliorer son procédé de fabrication.

Près de 1 296 000 mètres carrés, soit l'équivalent de 260 terrains de football, c'est la surface de produits laminés que contrôlent chaque année les caméras de vision linéaire installées chez Griset... Cette application hors du commun, qui tourne en continu depuis près d'un an, est l'aboutissement d'un défi technique que s'est lancé le fabricant français. Malgré de multiples contraintes, il n'aura fallu que deux ans pour mener à bien le projet. Pourtant rien n'était gagné d'avance. Le type de produits contrôlés, leur vitesse de défilement, la nature et la taille des défauts recherchés, ainsi que l'environnement de la production, ont compliqué la tâche des intervenants.

Pour comprendre le contexte dans lequel s'est déroulé ce projet, il faut revenir à l'activité de Griset... Son histoire débute avec l'établissement d'une fonderie à Paris en 1760. Dans les années qui suivent, la société se spécialise rapidement dans le travail du métal. Va succéder ensuite une longue phase de croissance. En 1880, elle est la première société à lami-



Les laminés produits par Griset sont tous amenés à passer par une détentionneuse qui élimine les tensions internes présentes dans les bandes provenant de l'estampage. C'est à cet endroit que le poste de vision a été installé. Les caméras effectuent le contrôle au fur et à mesure que les laminés se déroulent dans la machine.

L'essentiel

- Pour contrôler les laminés métalliques qu'il produit, Griset utilise des caméras de vision linéaire et un éclairage à LED.
- L'application est un réel succès. Elle a même permis au fabricant d'améliorer son procédé.
- L'investissement total s'est élevé à près de 50 000 euros.

ner l'aluminium. Dans les années 1950, l'entreprise développe son bureau d'études afin de pouvoir réaliser ses propres machines. Actuellement ses ateliers produisent près de 17 000 tonnes par an de laminés (en cuivre, alliages de cuivre, aluminium, etc.). Ces fines bandes de métal sont destinées à deux types de marché: 8 000 tonnes sont utilisées dans un secteur relativement "traditionnel" comprenant notamment la connectique, l'électrotechnique ou la mécanique. On les retrouve par exemple dans l'automobile, l'informatique, la téléphonie,

l'électroménager, etc. Le reste est destiné à la fabrication de composants électroniques (circuits intégrés et transistors de puissance). Si le site de production est basé à Villers-Saint-Paul, à proximité de Creil, ce n'est pas un hasard. Le travail du cuivre à plat est en effet une spécialité historique du bassin de l'Oise qui a été pendant des dizaines d'années le siège de plusieurs sites industriels gravitant autour de cette activité. Avec la concurrence de plus en plus importante des pays asiatiques, bon nombre de ces ateliers ont dû fermer. Griset, quant à lui, a réussi à

l'électroménager, etc. Le reste est destiné à la fabrication de composants électroniques (circuits intégrés et transistors de puissance). Si le site de production est basé à Villers-Saint-Paul, à proximité de Creil, ce n'est pas un hasard. Le travail du cuivre à plat est en effet une spécialité historique du bassin de l'Oise qui a été pendant des dizaines d'années le siège de plusieurs sites industriels gravitant autour de cette activité. Avec la concurrence de plus en plus importante des pays asiatiques, bon nombre de ces ateliers ont dû fermer. Griset, quant à lui, a réussi à



Le poste de contrôle est constitué de deux caméras linéaires de e2V (une pour chaque face du laminé) et d'éclairages à LED d'Effilux. Il fonctionne depuis janvier 2010.

s'adapter et continue à se distinguer de la concurrence grâce à une forte capacité d'innovation. La société a ainsi déposé deux brevets sur l'obtention d'une bande de métal "double épaisseur" pour le marché de l'électronique. Le site de Villers-Saint-Paul est même devenu l'un des leaders mondiaux dans les laminés double épaisseur utilisés pour la fabrication des transistors de puissance.

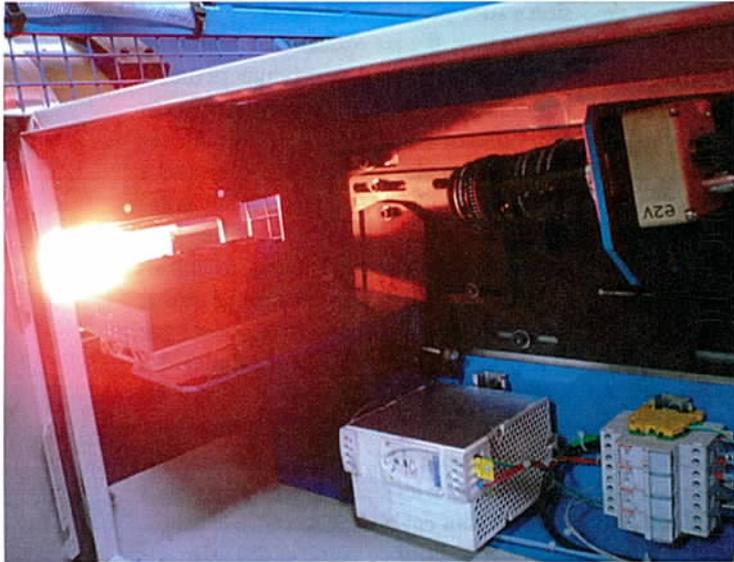
Sur ce type de laminés, tout défaut est susceptible de nuire au fonctionnement des futurs transistors (à cause d'un manque d'adhésion avec le silicium, d'un problème de soudure ou d'échange thermique). La moindre anomalie est donc lourde de conséquence, et ce d'autant plus lorsque les composants sont destinés à des applications critiques. C'est pourquoi le contrôle de la production a toujours revêtu une grande importance. Jusqu'en 2009, l'inspection était essentiellement visuelle. Elle consistait à détecter des défauts de quelques millimètres de long (provenant notamment de rayures ou de microbulles éclatées) sur de longues bandes de métal en défilement. Mais le fabricant a été soumis à la pression de clients de plus en plus exigeants. « Nous avons longtemps travaillé avec des découpeurs européens qui comprenaient nos difficultés car ils étaient du même métier. Aujourd'hui, hormis un découpeur basé à Besançon, nos clients sont presque tous localisés en Asie (Chine et Malaisie, notamment). Avec eux, le dialogue n'est pas le même. Nous avons donc dû

trouver une solution pour automatiser le contrôle de la production et garantir le zéro défaut », explique Laurent Casanova, responsable process chez Griset.

Mais les contraintes sont multiples. Avant de former un laminé double épaisseur, le métal suit de nombreuses étapes de laminage, estampage, recuit et nettoyage. Le cuivre fondu dans une lingotière en début de chaîne est ainsi transformé en bandes métalliques très fines (de 0,25 à 2 mm d'épaisseur, suivant les besoins) qui se déroulent sur plus d'un kilomètre... Malgré tout le soin apporté dans le procédé, l'apparition d'un défaut ponctuel est très difficile à maîtriser. « Il suffit d'une soufflure ou d'une inclusion de 1 mm³ au moment de la solidification du métal pour générer un défaut de deux mètres de long au terme des différentes étapes », souligne Laurent Casanova. Pour détecter automatiquement ces anomalies, il faut un système capable de traiter en temps réel une très grande quantité d'informations. Une solution s'impose naturellement : la vision industrielle. Mais si le fabricant connaît déjà la méthode, il n'est pas sûr qu'elle sera utilisable avec ses produits. Sur des bandes fortement réfléchissantes qui défilent à une vitesse de l'ordre de 100 mètres/minute, le contrôle est difficile. D'autre part, l'origine des anomalies est mal connue. « Nous savions seulement que les défauts pouvaient avoir deux origines différentes : une raison métallurgique (liée à la fonderie), et le résultat d'une anomalie survenue au moment de la fabrication (à cause d'un copeau, d'une rayure de cylindre, etc.) », précise Laurent Casanova.

Où installer la vision ?

Début 2009, la société élabore un cahier des charges et contacte un intégrateur de vision, la société 02Game, basée également dans l'Oise. « La difficulté consistait à trouver une solution capable de faire apparaître des défauts de petite taille à haute vitesse, sur une surface brillante », résume Olivier Fort, gérant de la société. L'intégrateur commence à réaliser plusieurs essais en laboratoire avec des caméras du marché. Il écarte assez vite les modèles matriciels. « La vitesse d'acquisition et la résolution à obtenir étaient très élevées. Seules des caméras linéaires pouvaient répondre à un tel besoin. D'autre part, il est logique d'utiliser ce type de solution pour le contrôle de produits en défilement », explique-t-il. En effet l'application ne nécessite pas d'acquérir plusieurs lignes de pixels en même temps, mais une seule ligne, consécutivement, à très haute vitesse. D'autre part, l'emploi d'une caméra linéaire n'oblige pas à éclairer une large zone de manière homogène. Sur des produits réfléchissants, →



De nombreux essais ont été nécessaires pour trouver l'éclairage adéquat. La difficulté consistait à faire apparaître les défauts de surface présents sur des bandes fortement réfléchissantes et défilant à haute vitesse. Un éclairage à LED de haute puissance a finalement répondu au besoin.



La détentionneuse, développée par Griset, est constituée de plusieurs roues qui déroulent, détensionnent et enroulent les bandes de cuivre. Un rouleau supplémentaire a été placé juste avant l'endroit du contrôle pour stabiliser correctement le laminé et réduire les vibrations.

→ l'avantage n'est donc pas négligeable... Une fois choisi le type de caméra, l'intégrateur poursuit ses essais afin de parvenir à mettre en évidence les défauts des laminés (en contrôle statique). Polarisation, filtres, angles d'incidence, couleurs de l'éclairage... tout est testé pour trouver la solution adéquate. Un éclairage à LED haute puissance est finalement choisi. Seul inconvénient, sa largeur est plus petite que celle des bandes métalliques. Il faut donc associer deux éléments bout à bout, en veillant à préserver l'homogénéité de l'éclairage au centre du système.

Le prototype est finalisé en juillet 2009. Il est constitué de deux caméras linéaires de e2V (une pour chaque face de la bande métallique) et d'un éclairage d'Effilux. Reste à savoir où l'installer. Le fabricant pense l'intégrer à un endroit de la ligne où la bande défile à plat entre deux machines. « Mais à cet endroit-là, elle n'était pas assez tendue, ce qui posait des problèmes de vibrations », explique Laurent Casanova. Ce dernier pense alors à un autre lieu : la détentionneuse. Cette machine, développée par Griset, élimine les tensions internes sur les bandes provenant de l'estampage. Elle est constituée de plusieurs roues qui déroulent, détensionnent et enroulent les bandes de cuivre. Tous les laminés double épaisseur produits sont donc amenés à passer par cette machine. Le lieu paraît idéal pour y intégrer le système automatisé de contrôle de surface. Les premiers essais sont réalisés avec deux bandes de cuivre sur lequel le fabricant a volontairement généré toutes sortes de défauts de fabrication. Les caméras effectuent le contrôle au fur et à mesure que les laminés se déroulent dans la machine. Le problème, c'est

qu'elles sont capables de tout voir : le relief dû aux "marches" du produit, les anomalies dues aux vibrations ou l'aspect usuel du laminé peuvent être détectés alors qu'il ne s'agit pas de vrais défauts. Il faut donc reprendre, une par une, chacune des anomalies relevées par les caméras pour paramétrer correctement le système. « Le but était de s'assurer que les caméras de vision ne détectent que les vrais défauts, et ignorent le reste », explique Laurent Casanova.

Commence alors un véritable travail de fourmis... Les bandes de plusieurs dizaines de mètres de longueur sont étalées sur le sol de l'atelier. Munis de la liste d'anomalies générée par le système de vision, Laurent Casanova et son équipe s'agenouillent à côté des laminés, et tentent de "reconnaître" chaque défaut à l'œil nu, afin de les corréliser au résultat fourni par les caméras. La tâche, on le comprend, est longue et fastidieuse. Mais elle est aussi incontournable. Grâce à elle, ils comprennent tout ce que voient les caméras, et n'ont plus qu'à se mettre d'accord en interne pour décider du type d'anomalies que le système doit détecter ou ignorer. Bien sûr, il y a des compromis à faire. « Nous pourrions tout accepter, mais le traitement de l'information serait alors beaucoup trop lourd. Il a donc fallu faire des choix. Nous avons ainsi déterminé un seuil dimensionnel de défaut que l'on jugeait acceptable, ainsi que le nombre maximum de défauts présents sur une certaine surface », précise Laurent Casanova. Le fabricant décide aussi d'ignorer ce qui se passe au niveau des "marches" du laminé double épaisseur qui sont vues comme un défaut par le système de vision. Chaque différence d'épaisseur



Les ateliers de Griset produisent chaque année près de 17 000 tonnes de laminés (en cuivre, alliages de cuivre, aluminium, etc.). Ces fines bandes de métal sont destinées notamment à la fabrication de composants électroniques.

apparaît en effet sous la forme d'une longue ligne noire. Ces lignes doivent être masquées informatiquement pour les exclure des zones à analyser.

À l'issue de ces différentes étapes, Griset dispose d'un fichier très complet décrivant les paramètres nécessaires au contrôle de chaque type de bande. Dernière modification effectuée avec l'intégrateur, celle du support de la bande. « Nous avons placé un rouleau juste avant l'endroit du contrôle pour stabiliser correctement le laminé et réduire les vibrations », indique Olivier Fort.

Remonter à l'origine des défauts

En janvier 2010, le système de vision commence à contrôler de "vraies" bandes de cuivre. Les caméras observent la surface des bandes laminées en défilement, puis enregistrent les défauts superficiels selon le paramétrage réalisé. Les données obtenues sont transférées à un ordinateur qui reconstitue les images (par bloc de 1 000 lignes, soit environ 8 centimètres de surface de bande). Pour optimiser le traitement, le système de vision est synchronisé au mouvement de la

ligne grâce à un codeur. L'emplacement de chaque défaut est alors localisé très précisément (à un millimètre près). Ainsi, dès que les caméras détectent un niveau de gris supérieur au seuil fixé, une image est enregistrée avec toutes les références nécessaires (le numéro du produit, la position du défaut sur le laminé, etc.). Un contrôleur formé à la reconnaissance des défauts de surfaces peut ensuite réaliser une analyse plus approfondie. Il vérifie qu'il s'agit bien d'anomalies (et repasse la bande sous les caméras lorsqu'il le juge nécessaire). Si le problème est avéré, il peut couper la zone défectueuse.

Pour le fabricant, le résultat est à la hauteur des attentes. La vision garantit la qualité de son produit, et lui permet même de détecter des défauts qui étaient invisibles à l'œil nu. C'est le cas par exemple du "peeling", une imperfection très superficielle qui se traduit par le décollement d'une partie de la surface. « Ce défaut, d'origine métallurgique, est impossible à détecter avec un contrôle visuel, du fait de son caractère aléatoire et des vitesses de défilement des laminés », indique Laurent Casanova.

Au-delà du contrôle proprement dit, la vi-

sion a aussi permis au fabricant d'améliorer son process. Il a pu réaliser des statistiques sur la qualité des laminés produits, et même remonter à la cause des défauts. « Nous avons ainsi découvert que 90 % des anomalies détectées avaient une origine métallurgique. Cela nous a conduits à travailler sur un nouveau format de lino-gotière afin de réduire le nombre de défauts. Nous avons aussi modifié la composition de certains alliages. Et grâce à la vision, nous avons pu mesurer directement le résultat de ces actions », souligne le responsable process. Bien sûr, il reste encore des améliorations à apporter. L'intégrateur espère notamment améliorer l'homogénéité de l'éclairage dans la zone centrale (entre les deux systèmes mis bout à bout). Il faut également accroître la robustesse du dispositif de vision et de l'éclairage, pour qu'il soit moins sensible aux variations du procédé. Mais tout cela constitue l'évolution "normale" de l'application. Le fabricant, lui, pense déjà à la suite. Il imagine notamment utiliser la vision sur d'autres lignes de production, dans l'objectif, cette fois-ci, de réaliser un contrôle dimensionnel.

Marie-Line Zani-Demange