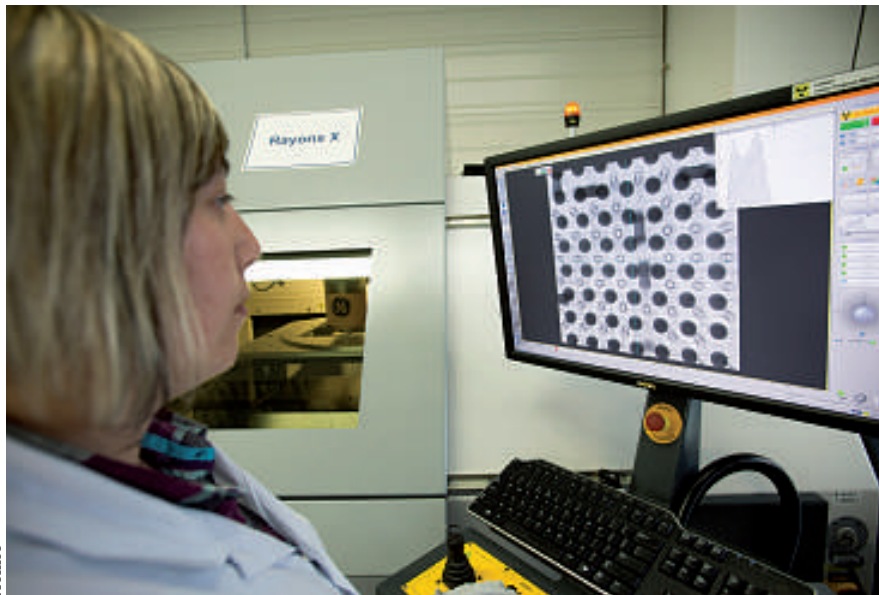


CONTRÔLES ET TESTS

L'inspection à rayons X : inéluçtable et en progression

Les équipements d'inspection à rayons X sont de plus en plus utilisés du fait de la nécessité de dépistage de défauts cachés et/ou complexes comme la présence de vides (*voids*) dans les brasures. Leur spectre de contrôle s'agrandit, leur résolution s'améliore et, surtout, l'automatisation des inspections et la convivialité de leur utilisation progressent à pas de géant.

Les équipements d'inspection à rayons X servent surtout à contrôler ce que les systèmes d'inspection traditionnels ne peuvent pas contrôler : en particulier les brasures qui sont dans l'ombre des boîtiers BGA (*Ball Grid Array*), QFN (*Quad Flat No-leads*), LGA (*Land Grid Array*)... Ils permettent aussi de détecter des vides (*voids*) dans les brasures et dépistent les défauts « de type manque de brasure, Head in-Pillow (*tête dans l'oreiller*) – dû à une fusion incomplète entre le matériau de brasure et la bille – et de type remontée de brasure le long des broches des circuits traversants », indique Stéphane Dupoux, dirigeant de Seica France – distributeur des machines d'inspection à rayons X Omron. « L'électronique de puissance en est friande pour l'inspection des soudures car s'il manque de la brasure, lors du passage de



← L'inspection à rayons X permet de contrôler la qualité des brasures situées dans l'ombre des boîtiers, de détecter des vides (*voids*) et de dépister des manques ou des remontées de brasure, ainsi que des défauts de type *Head in-Pillow*. Ici, inspection aux rayons X chez Tronico.

courants de forte intensité, le restant de la soudure fond », ajoute Patrick Legenre, responsable produits chez Accelonix, distributeur des machines Yxlon (Cheetah et Cougar). « C'est une inspection qui concerne les produits à forte

valeur ajoutée et/ou les ensembles impossibles à réparer », selon M. Dupoux.

Les caractéristiques les plus importantes des systèmes d'inspection à rayons X sont la résolution et le grossissement. Les autres paramètres pris en compte pour comparer divers équipements de ce type sont la possibilité de fonctionnement en ligne – la machine étant alors souvent installée après la refusion – et la convivialité – une facilité d'utilisation qui permet de confier ces machines à des néophytes en programmation. À noter que les sous-traitants utilisateurs de machines d'inspection à rayons X que nous avons contactés nous ont indiqué n'utiliser ces équipements que dans le cadre du hors-ligne, les demandes des donneurs d'ordres pour du « in-line » étant exceptionnelles. Ce fonc-

tionnement en îlot (*off-line*) permet d'inspecter les cartes à différents stades de l'assemblage. « Cela permet de contrôler les assemblages de composants CMS (contrôle du placement des composants, analyse des soudures, dépistage de vides...) ainsi que de procéder à des analyses complémentaires pour les composants traversants (remontée de soudure, par exemple) », remarque le sous-traitant Selha.

L'importance d'une maintenance aisée

La convivialité et l'automatisation sont donc des paramètres déterminants pour le choix des machines d'inspection à rayons X. Outre les critères qualité et résolution des images, Tronico pointe ainsi l'importance « de l'ergonomie du logiciel, de la facilité de réalisation de programmes auto-



← Le système Cheetah d'Yxlon – distribué par Accelonix – est doté d'une automatisation poussée des fonctions qui facilite la vie de l'opérateur : centrage automatique de la zone à inspecter et réglages automatiques de la source et du détecteur. 3D+ vient de faire l'acquisition d'un tel appareil.

PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DES ÉQUIPEMENTS D'INSPECTION À RAYONS X UTILISÉS EN ÉLECTRONIQUE

RÉFÉRENCE DE L'APPAREIL	MARQUE	DISTRIBUTEUR	SOURCE(*)	GROSSISSEMENT MAX. (GÉOMÉTRIQUE)	RÉSOLUTION (µm)	AIRE D'INSPECTION	DIMENSIONS MAX. DE LA CARTE
Phoenix Micromex 180T	General Electric	x	180kV-20W (TO)	1960x	2µm	360x460mm	635x680mm
Opticon X-Line 3D	Goepel Electronics	Orion	130kV-300µA (TF)	x	x	x	400x460mm
Nikon XTV 130C	Nikon	Antycip	130kV-10W (TO)	2400x	2µm	x	406x406mm
Nikon XTV 160C	Nikon	Antycip	160kV-20W (TO)	2400x	0,5µm	x	406x406mm
Nordson Dage XD7600NT	Nordson Dage	Metronelec	160kV-10W (TF)	2500x	0,5µm	508x444mm	580x736mm
Omron VT-X700-M	Omron	Seica France	110kV-10W (TF)	x	10µm	330x255mm	x
Omron VT-X900	Omron	Seica France	110kV (TO)	x	0,3µm	330x330mm	x
Saki BF-X2	Saki	Antycip	160kV ou 225kV (TO)	x	5µm	x	460x510mm
Saki BF-X3	Saki	Antycip	130kV (TF)	x	12µm	x	460x510mm
Sovtech	Sovtech	Europlacer Distrib.	90kV-8W (TF)	420x	x	400x450 mm	x
Viscom X7058	Viscom	x	130kV-390µA (TF)	x	8µm	x	508x558mm
XQuick	VJ Electronix	W-Tech	80kV	x	x	x	x
Vertex II V-130	VJ Electronix	W-Tech	130kV-390µA	1950x	x	457x518mm	508x525mm
Cheetah FP	Yxlon	Accelonix	160kV-15W (TO)	2000x	1µm	460x410mm	800x500mm
Cougar	Yxlon	Accelonix	160kV-15W (TO)	2000x	1µm	310x310mm	440x550mm

Sources : fabricants

Les caractéristiques les plus importantes des systèmes d'inspection à rayons X sont la résolution et l'agrandissement, ce que les utilisateurs résument par « une bonne qualité de l'image ». Les autres paramètres pris en compte sont la facilité d'utilisation, la capacité de proposer des images 3D et une maintenance aisée et peu coûteuse. (*) TO : tube ouvert, TF : tube fermé. La puissance indiquée est la puissance cible. Il y a parfois plusieurs sources possibles pour un modèle donné.

matiques à partir de la prise en compte des mires des cartes électroniques, et de la disponibilité de calcul de voids ». Lacroix Electronics insiste, quant à lui, sur « un temps de programmation court, un logiciel d'utilisation simple et convivial et la présence de calcul automatique des voids ». Côté fournisseurs, Accelonix vante l'automatisation des fonctions des matériels Cheetah et Cougar (Yxlon) : « pour avoir une image photo, il suffit de zoomer sur la partie à inspecter et de cliquer », annonce M. Legenre. Et la technologie Zoom+ utilisée dans ces matériels supprime les réglages au niveau de la source et du détecteur lors des changements de grossissement. Enfin, l'utilisateur n'a pas à se soucier de réglages : une fois fixée, la zone à inspecter demeure au centre de l'écran (fonction Click & Center).

Deux autres critères sont à prendre en considération pour le choix d'un système d'inspection à rayons X : la capacité de proposer des images 3D – ce que tous les systèmes du marché incluent aujourd'hui, soit en standard soit en option, soit encore parce qu'ils donnent des résultats équivalents à de

la 3D (ex. VJ Electronix) – et une maintenance aisée et peu coûteuse. « Il faut une maintenance aisée – réalisable en partie par l'utilisateur », souligne ainsi Lacroix Electronics. Pour le VT-X700-M à tube fermé d'Omron, le distributeur Seica annonce une maintenance minimale consistant en « un graissage des axes une fois par an, un nettoyage des optiques de la caméra couleur et une calibration de la machine ». Enfin, Selha pointe l'intérêt de disposer de plateaux de

grandes dimensions – pouvant admettre plusieurs échantillons à analyser – ainsi que d'une grande aire d'inspection. Le distributeur Seica ajoute l'importance d'une visualisation en couleur parce que cela facilite la tâche du programmeur et de l'opérateur.

Un principe de fonctionnement simple

Le fonctionnement des systèmes d'inspection à rayons X repose sur le fait qu'en traversant des matériaux de densités

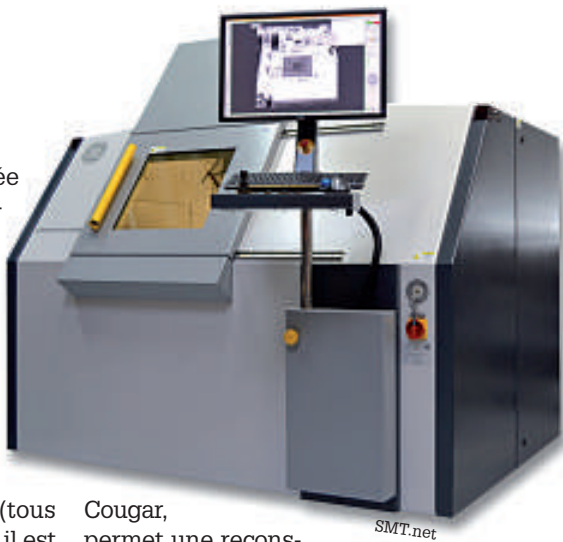
différentes, les rayons X émis par une source sont plus ou moins absorbés par ces matériaux. Plus un corps est dense, plus il absorbe les rayons X et plus l'image résultante sera foncée. L'échantillon à analyser (carte électronique ou zone particulière de la carte ou composant) est disposé entre le tube émetteur de rayons X et le détecteur. Un mécanisme permet de mouvoir l'échantillon à la fois suivant des axes x et y, perpendiculaires à l'axe tube-détecteur, et suivant l'axe z (axe « tube-détecteur »). La variation du grossissement est réalisée en rapprochant l'objet à inspecter de la source de rayons X.

Dans le cas de l'inspection en deux dimensions (2D), les rayons X traversant la carte électronique, les deux faces sont inspectées simultanément. Cette inspection ne permettant pas de discerner le volume des brasures, une donnée importante pour la qualification des soudures, les concepteurs de machines de contrôle aux rayons X ont mis au point des techniques permettant d'obtenir des images en trois dimensions (3D) à partir d'images 2D. En faisant tourner sur 360° la carte à ins-



➔ Le XD7600NT Ruby FP de Nordson Dage, distribué par Metronelec, présente un grossissement géométrique de 2500x et une résolution de 0,5µm. Lacroix Electronics l'utilise, ainsi que des modèles Cheetah FP et Tigger de marque Yxlon.

pecter, initialement située dans le plan x-y perpendiculaire à l'axe z, autour d'un axe du plan x-y passant par le point d'intersection avec l'axe z, et en enregistrant les images de cette carte – obtenues au niveau du détecteur – pour différentes positions de la rotation (tous les degrés, par exemple), il est possible de reconstruire, par traitement logiciel, une vue 3D. C'est le principe de la tomographie (Computed Tomography ou CT) utilisé en imagerie médicale. La mesure de la performance de l'inspection 3D inclut, on le conçoit aisément, outre la résolution permise, la rapidité d'acquisition de l'image 3D. Celle-ci dépend à la fois de la vitesse d'acquisition des capteurs et de la vitesse de traitement des algorithmes utilisés. Le module logiciel Y.QuickScan, équipant les systèmes Yxlon Cheetah et



← Les tubes ouverts obligent à un remplacement périodique du filament; la durée de vie d'un tube fermé est, elle, beaucoup plus longue. Mais un tube fermé coûte cher. Ici, le Phoenix Micromex 180T de General Electric à tube ouvert, utilisé, entre autres, par Selha.

Cougar, permet une reconstruction rapide. « L'utilisation du Y.QuickScan permet de réaliser l'analyse en 3D de la carte en moins d'une minute », précise ainsi Patrick Legenre (Accelonix).

Avec cette technique, il y a toutefois une limite à l'agrandissement : en effet, la taille de l'objet à inspecter – qui est en rotation – ne permet pas à la source de s'approcher au plus près de ce dernier. D'où, en pratique, l'utilisation préférentielle de la tomographie (Computed Tomography) pour les composants et les objets de

petites dimensions. Pour les objets de grande dimension – les cartes électroniques, par exemple – on utilise préférentiellement une autre technique : la laminographie.

Tubes fermés, tubes ouverts

La puissance des tubes à rayons X conditionne la résolution et le grossissement de l'appareil. Parmi les meilleures caractéristiques proposées, citons un grossissement géométrique de 1960x et une résolution de 2 µm pour le Phoenix

Micromex 180T de General Electric qui utilise un tube ouvert 180kV-20 W (tension maximale du tube et puissance cible) ; et un grossissement géométrique de 2500x et une résolution de 0,5 µm pour le XD7600NT Ruby FP de Nordson Dage, distribué par Metroelec, qui repose sur un tube fermé 160kV-30W. Le Phoenix Micromex 180T de General Electric est notamment utilisé par le sous-traitant Tronico. Et le XD7600NT Ruby FP de Nordson Dage est en fonctionnement chez les sous-traitants Lacroix Electronics et Selha. Le distributeur Accelonix qui, dans le domaine de l'inspection à rayons X, a notamment pour clients les sous-traitants Eolane, Lacroix Electronics (3 appareils Yxlon dont deux Cheetah FP) et Tronico, vient de livrer un modèle Cheetah au français 3D+ pour le contrôle de l'empilement des puces au sein des boîtiers. Les appareils Cheetah sont dotés de tubes

Passez au tout-électrique

Zoom, Zoom. Bip, Bip

AEC-Q₂₀₀

- MLCC ou condensateur céramique multicouches
- MLCC de sécurité certifiés
- Filtres EMI tripolaires
- Composants passifs intégrés X2Y
- Condensateurs à CV élevé StackiCap™
- Condensateurs mode-ouvert et tandem
- MLCC hautes-températures X8R

 **knowles**
DLI • Novacap • Syfer • Voltronics

CONDENSATEURS ET FILTRES EMI POUR

APPLICATIONS AUTOMOBILES

 SYFER

B6 STAND 336... SEE US AT ELECTRONICA 2016... HALL B6 STAND 336... SEE US



← Le distributeur Antycip propose des appareils Nikon et Saki. Le modèle Nikon XTV 130C de la photo repose sur un tube ouvert 130kV-10W et présente un grossissement géométrique maximal de 2400x et une résolution de 2µm.

ouverts 160kV-15W qui permettent un agrandissement géométrique de 2000x et une résolution inférieure au micron. « D'une manière générale, avec un tube fermé, l'agrandissement est limité parce qu'il n'est pas possible d'approcher la pièce à inspecter aussi près de la source qu'avec les tubes ouverts », rappelle Patrick Legenre.

Les tubes fermés (ou scellés) incluent un filament sous vide. Le changement de tube, qui intervient au bout de plusieurs années, est une opération onéreuse ; en effet, un tube fermé coûte plusieurs dizaines de milliers d'euros. Et entre-temps, le vieillissement du filament peut induire des changements dans les caractéristiques du faisceau de rayons X. En revanche, les systèmes à tube fermé ne nécessitent quasiment pas de maintenance entre deux changements de tubes. « Le choix d'un système à tube fermé sans filament permet de supprimer la maintenance relative au remplacement des filaments », remarque ainsi Selha, sous-traitant équipé d'un système XD7600NT Ruby FP de Nordson Dage. Outre un calibrage annuel, effectué par le fournisseur, « la maintenance ne consiste qu'en quelques vérifications régulières », poursuit ce sous-traitant. Pour son

système Phoenix Micromex 180T à tube ouvert (General Electric), Tronico annonce, pour sa part, « une maintenance complète deux fois par an et des opérations plus simples réalisées en interne, comme le changement de filament ».

Les détecteurs à écran plat

Traditionnellement, les détecteurs des systèmes d'inspection à rayons X étaient composés d'un intensificateur d'image – qui traite le signal X issu de la traversée de l'échantillon à inspecter – et d'une caméra CCD. Une évolution s'est faite jour avec l'arrivée des détecteurs à écran plat (Flat Panel). Actuellement, les détecteurs Flat panel sont fréquemment proposés en tant qu'option. C'est par exemple le cas pour le système Nikon XT V 130C de Nikon, distribué par Antycip. Doté d'une source de rayons X 130kV-10W (tube ouvert), cet appareil, qui est caractérisé par une résolution de 2µm et un grossissement maximal de 2400x, est doté, en standard, d'un intensificateur d'image 6 pouces et d'une caméra à 1,45 million de pixels

sur 12 bits. En option, il est possible de l'équiper d'un détecteur écran plat Varian 1313 ou 2520.

« L'un des points importants pour la reconstruction d'images 3D à partir d'images 2D est la rapidité d'acquisition du détecteur », rappelle aussi Patrick Legenre (Accelonix-Yxlon). Les détecteurs à écrans plats utilisés dans les Cheetah et les Cougar réalisent, par exemple, l'acquisition de 60 images par seconde. Quant au système Nordson Dage XD7600NT Ruby FD, il inclut, dans sa configuration standard, un détecteur à écran plat à 2 Mpixel permettant l'acquisition de 25 images par seconde. À noter que les nouveaux modèles Quadra de Nordson Dage sont équipés de détecteurs à écran plat encore supérieurs (Aspire FR à 3 Mpixels pour le Quadra 5 et à 6,7 Mpixels pour le Quadra 7). Quant au VT-X700-M d'Omron (distribué par Seica France), il

ainsi que de routines de calcul pour les voids des soudures – une demande en provenance de l'ensemble des utilisateurs interrogés. Car si seuls des personnels qualifiés procèdent en général aux inspections à rayons X, la culture de ces derniers en programmation informatique peut ne pas être conséquente.

Les sous-traitants utilisateurs de machines d'inspection à rayons X nous ont précisé les profils des personnels opérant le contrôle aux rayons X. Tous ont suivi une formation. Chez Lacroix, ces utilisateurs sont « des techniciens de ligne qui procèdent à des contrôles récurrents des produits et des ingénieurs process amenés à faire des investigations plus poussées ». « La formation d'un opérateur dure plus de 109 heures et est validée par un test de connaissances théoriques et pratiques », note pour sa part Tronico. « Les analyses



← Distribué par Seica France, l'équipement de contrôle à rayons X Omron VT-X700-M est doté d'une caméra couleur, ce qui facilite le travail de l'opérateur. Son tube fermé minimise la maintenance.

utilise un détecteur à 5 Mpixels. Le Phoenix Micromex 180 T de General Electric s'appuie, pour sa part, sur un détecteur plan GE DXR à 1 Mpixel, stabilisé en température, assurant une acquisition de 30 images par seconde.

Convivialité et facilité de programmation

Les utilisateurs sont demandeurs de convivialité, d'une programmation rapide et aisée,

plus poussées sont le fait de personnes issues du process ou du laboratoire de technologie des composants », ajoute ce sous-traitant. Mêmes remarques chez Selha qui propose une formation spécifique et dont les utilisateurs du système XD7600NT (Nordson Dage) sont des personnels en provenance du contrôle de production, de la qualité, des process industriels ou de la maintenance.

DIIDER GIRAULT