



ELECTRONIQUE EMBARQUÉE

Analyse de défaillances

Utilisation de la tomographie à rayons X pour l'analyse de défaillances en électronique embarquée

Technocentre Renault, Guyancourt, France



© RENAULT

Constructeur automobile présent dans 134 pays, Renault Group fait de l'innovation l'une des clés de son succès. Situé à Guyancourt, le Technocentre est l'un des plus grands centres de recherche et de développement automobile en Europe.

*Cécile Plouzeau – RSA Renault Group
Jean Baptiste Blumenfeld – RSA Renault Group
Roland Le Floc'h – RX Solutions*

L'automobile, secteur en pleine mutation

Les véhicules intègrent une multitude de nouvelles fonctionnalités, si bien qu'on parle désormais de « véhicules intelligents ».

Ces nouvelles fonctionnalités, telle la reconnaissance des gestes, l'assistance virtuelle, la détection du regard ou bien encore le contrôle de l'attention s'ajouteront aux progrès actuels en matière de prévention des accidents. Ces fonctionnalités voient le jour grâce au développement de l'électronique et à l'intégration de nombreux capteurs dans les véhicules modernes.

Ces éléments électroniques doivent être robustes et très fiables, les analyses de défaillance en cours de projet sont d'une importance majeure pour atteindre le niveau de qualité attendu. La compréhension des mécanismes de défaillance permet de garantir les niveaux de qualité compatibles avec une fabrication et une distribution à grande échelle.

La micro-tomographie à rayons X au sein de Renault Group

Une des missions du laboratoire Matériaux de la société Renault Group est de réaliser des analyses de défaillance de pièces diverses en cours de développement.

Les expertises de pièces électroniques suivent le même schéma d'analyse que les expertises de pièces mécaniques. C'est-à-dire qu'elles commencent toujours par des analyses dites de niveau 1 : des analyses avec des moyens non destructifs.

Dans le cas des pièces électroniques, les moyens incontournables utilisés sont la radiographie et la tomographie RX micro-foyer. La tomographie permet d'observer l'intérieur des pièces et des composants afin de localiser les défauts et de comprendre les mécanismes de défaillance. Cela permet, quand c'est autorisé, d'engager des analyses plus intrusives, en ciblant très précisément les prélèvements pour ne pas détruire les défauts et les signatures des défaillances.

L'électronique étant de plus en plus intégrée, le défi est de visualiser des défauts de plus en plus petits, et donc d'avoir des moyens atteignant de très hautes résolutions.

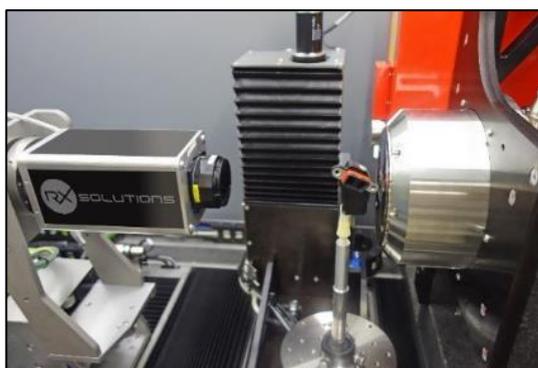
Nous avons sélectionné pour cet article quatre exemples qui résument bien les défis rencontrés.

Matériel : RX Solutions EasyTom, une flexibilité maximale au service de l'analyse haute résolution sub-micronique

Les analyses ont été réalisées à l'aide de l'équipement de nano-tomographie EasyTom 160 conçu par la société française RX Solutions.

Optimisé pour les analyses très haute résolution, ce système permet d'obtenir des données tomographiques jusqu'à 0.4µm par voxel, même sur des objets de plusieurs centimètres d'encombrement, ce qui le rend particulièrement adapté à la recherche de défaillance sur des composants d'électronique embarquée, sans nécessité de modifier l'intégrité du composant.

Equipé d'un tube nano-foyer et d'un tube micro-foyer, d'un imageur plan grand champ et d'une caméra X haute résolution, et avec des modes d'acquisition avancés tels que les scans locaux multi-échelles, acquisitions à angle limités, axes de



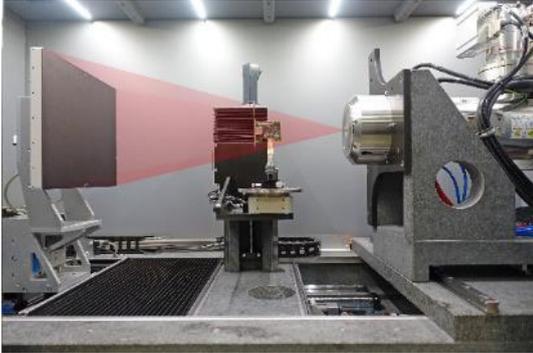
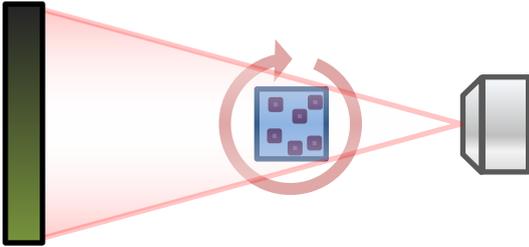
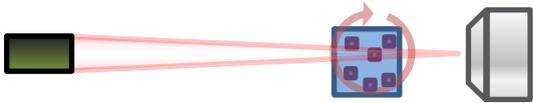
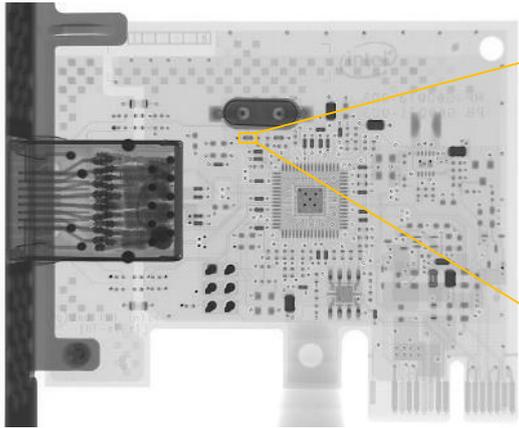
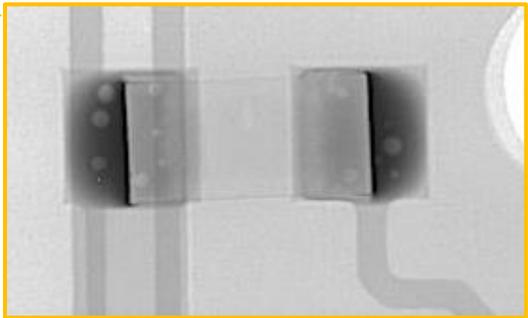
Nano-tomographe polyvalent RX Solutions EasyTom 160

rotation virtuels, le nano-tomographe EasyTom 160 offre une parfaite flexibilité pour permettre la réalisation de tomographies haute résolution quels que soient l'encombrement et la géométrie du composant.

L'analyse tomographique inclut dans la plupart des cas un scan global permettant de localiser les composants soupçonnés, puis un ou plusieurs scans locaux focalisés sur ces composants à très haute résolution.

Le passage de la configuration micro, permettant de voir l'ensemble de la pièce, à la configuration nano, donnant l'image à très haute résolution d'un composant en particulier, s'effectue en moins d'une minute. La zone ciblée peut être définie sur le scan global, puis zoomée pour un scan très haute résolution. Le centrage est facile, même à très haute résolution grâce à une fonction d'axe de rotation virtuel centré sur la zone d'intérêt.

Configurations des scans

	Configuration scan micro foyer	Configuration scan nano foyer
Résolution	5 µm / voxel	0.4 µm / voxel
Générateur rayons X	Micro-Foyer 150 kV	Nano-foyer 160 kV
Détecteur rayons X	Détecteur plan grande surface	Caméra rayons X haute résolution
Exemple d'acquisition tomographiques en configuration micro- et nano-tomographie		
Schéma de principe vu du dessus en configuration scan global et en configuration scan local très haute résolution	 <p>Scan global sur la pièce permettant de localiser les composants suspects</p>	 <p>Scan local très haute résolution focalisé sur un composant</p>
Champ de vue en configuration scan global et en configuration scan local très haute résolution		

La flexibilité de l'EasyTom 160, sa facilité d'utilisation et son impressionnante qualité d'image tomographique en font un outil de choix pour l'analyse de défaillance dans l'électronique embarquée.

Cas n°1 : Détecteur d'eau : Diodes fissurées



Le capteur est constitué d'une carte encapsulée dans une résine noire.

La pièce est inspectée entière : dimensions 100x80x60mm

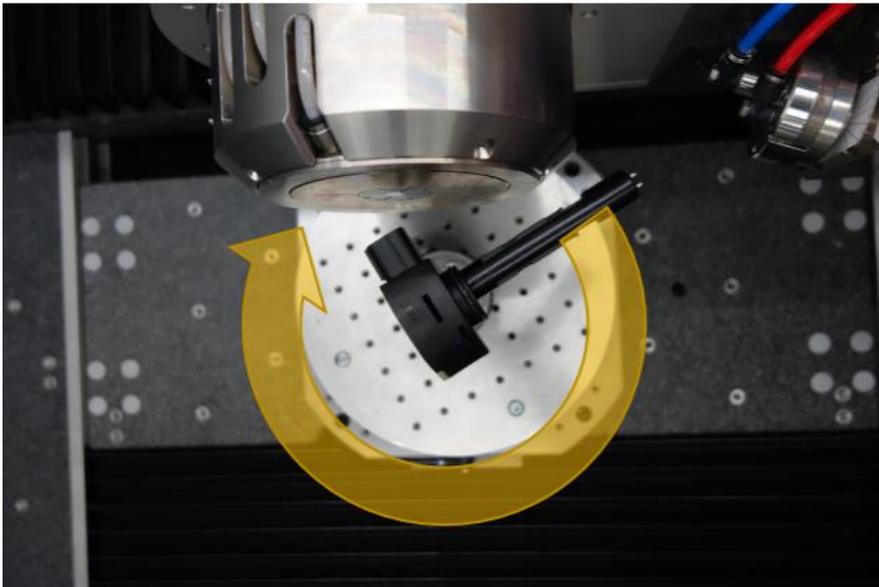
Défaillance : Capteur non fonctionnel.

Défi de l'analyse : Mettre en évidence des fissures dans un matériau vitreux de très petite taille, au sein d'une pièce de grande envergure.

Cause racine : Casse mécanique du verre des diodes dû à des contraintes mécaniques.

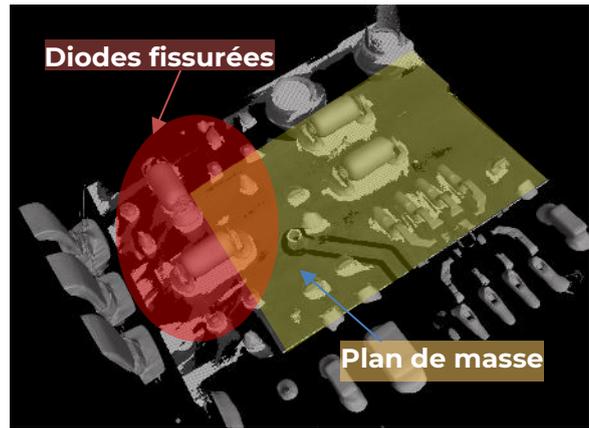
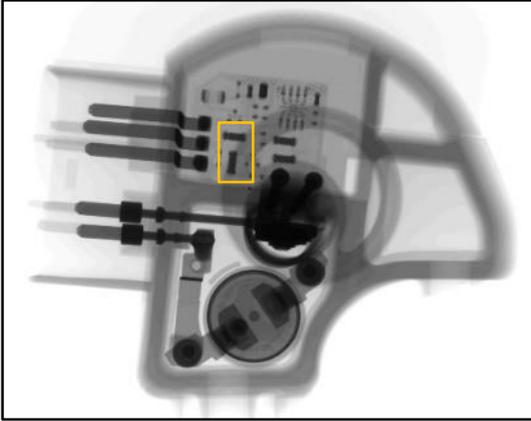
Hypothèse : Les contraintes mécaniques induites par la résine (lors de sa polymérisation par exemple) peuvent avoir mis le PCB en légère flexion en raison de son design, ce qui a provoqué la rupture des 2 diodes situées dans la zone la plus sensible à cette flexion.

Positionnement du capteur dans le système de tomographie :

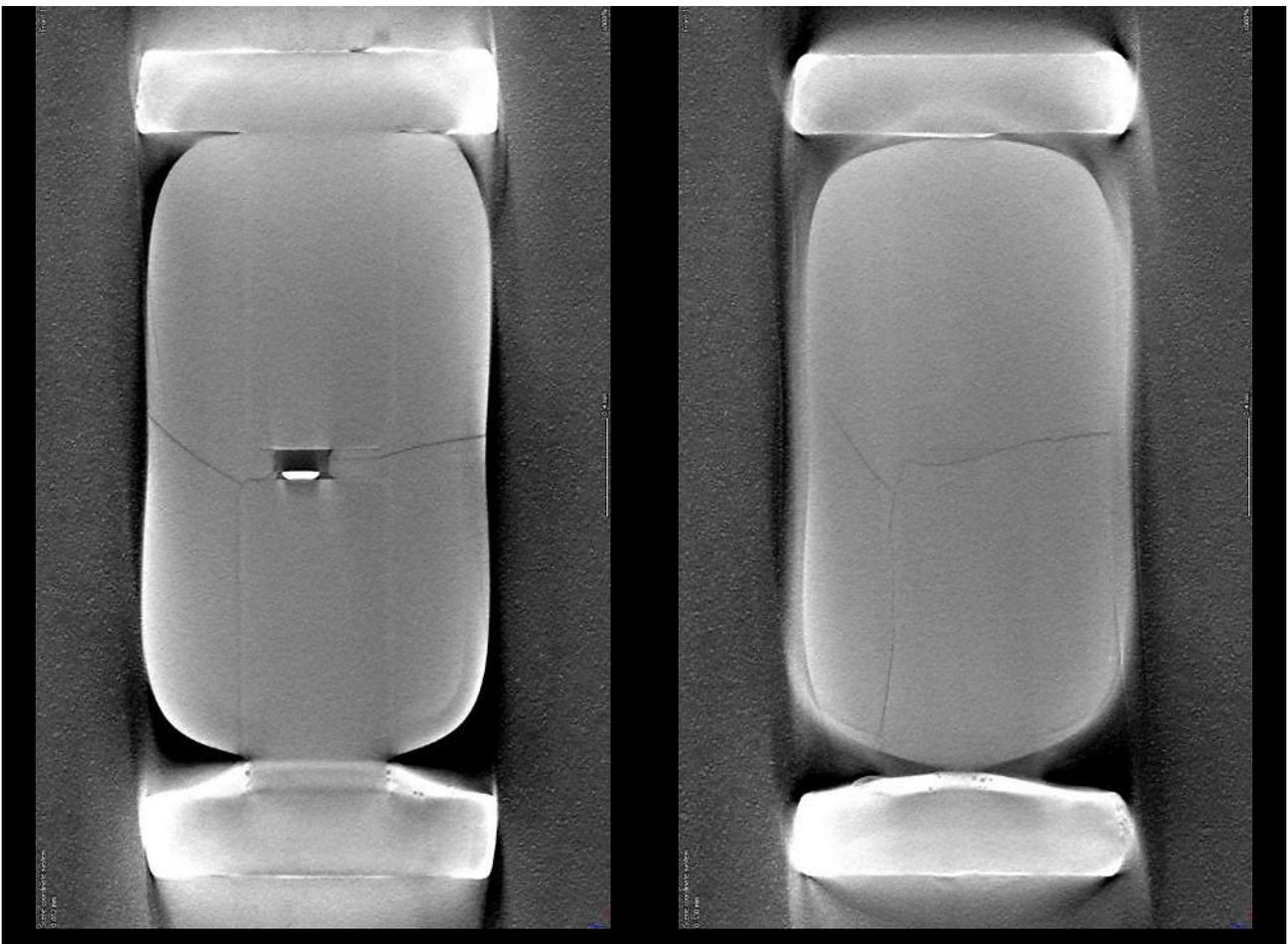


Acquisition à angle limitée permettant d'obtenir un fort grandissement malgré la branche de 10 cm de long.

Résultats :



Localisation des diodes incriminées dans le détecteur d'eau



EasyTom 160 - Taille de voxel : 2 μ m – Acquisition sur pièce entière 100x80x60 mm

Fissuration du verre des diodes

“Les tomographies à haute résolution ont permis de montrer sans ambiguïté les fissures sur le verre. Une approche par coupe mécanique n’aurait pas permis de conclure car les coupes auraient potentiellement pu créer ces fissures dans le verre fragile. Les fissures sont de quelques microns.”

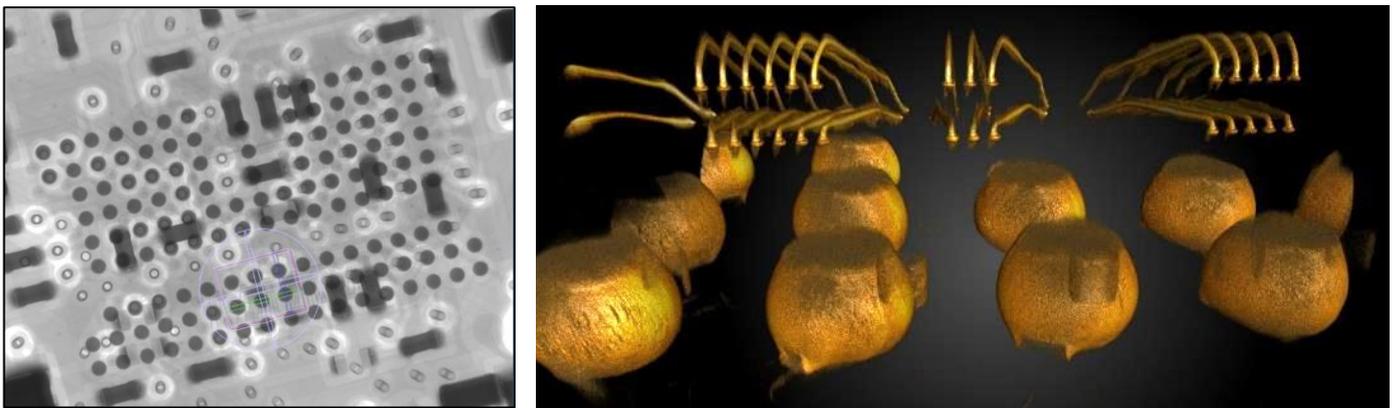
Cas n°2 : Carte électronique - fissure de billes dans des BGA

Inspections réalisées sur une carte électronique double face de dimensions 50mm x 50mm.

Défaillance : Composant BGA défaillant. Il faut identifier le mécanisme de la défaillance et localiser les défauts sans découper la carte.

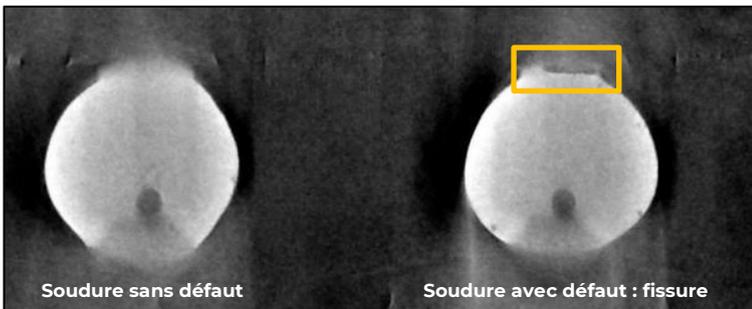
Défis de l'analyse : Identifier le mécanisme de la défaillance et localiser les défauts sans découper la carte. Il faut conjuguer très haute résolution avec une carte qui est encombrante afin de mettre en évidence des fissures dans des billes BGA. Localisation des fissures pour réaliser les polissages dans les bonnes rangées.

Cause racine : Une fissure a été mise en évidence sur une bille. L'exploitation des coupes tomographiques a permis de localiser la bille défaillante et de l'identifier : il s'agit de la bille N°7 sur la ligne 2. Par la suite, des coupes polies ont été réalisées, pour objectif de polir dans la ligne N°2 à expertiser. L'examen en microscopie optique de la bille N°7 confirme l'endommagement mis en évidence grâce à la tomographie haute résolution. Il s'agit d'une délamination de la bille de brasure côté composant, soumis à des contraintes de dilatation à haute température lors du process de brasage.

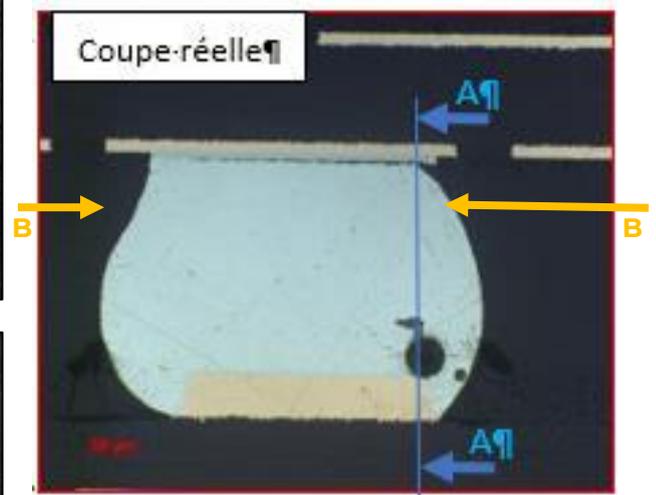
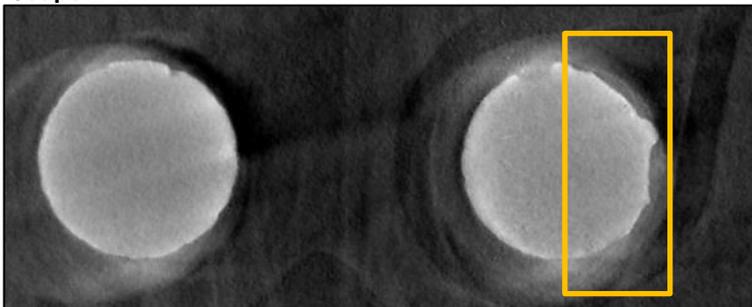


Visualisation des composants de la carte électronique par radiographie 2D et rendu 3D par tomographie.

Coupe A-A



Coupe B-B



2. La coupe réelle permet de confirmer la présence d'une fissure dans la soudure du BGA.

1. Coupes 3D réalisées par tomographie sur les billes BGA avec et sans défaut. Fissures localisées dans l'encadré rouge.



« L'expertise tomographique non destructive a évité de faire de nombreuses coupes polies « à l'aveugle » dans les différents composants suspects. »

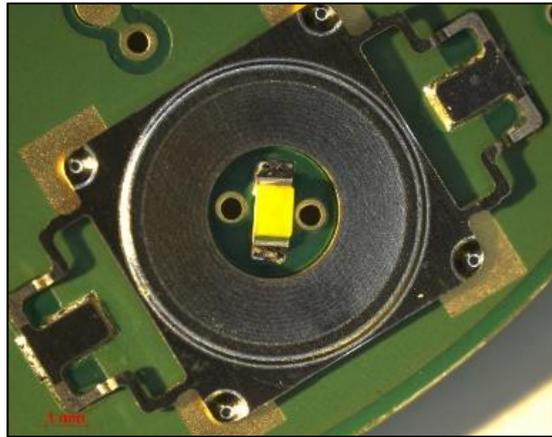
Cas n°3 : Micro-switch : Pollution au contact

La pièce est constituée d'une carte intégrée dans un boîtier fermé de dimension 40 x 30 x 10 mm, comportant plusieurs micro-switchs.

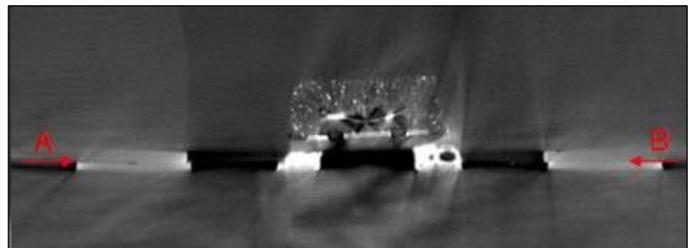
Défaillance : résistance de contact non conforme au niveau d'un micro-switch

Défis de l'analyse : Mettre en évidence une pollution très peu dense et de très petite taille entourée par de petits éléments métalliques, à l'intérieur d'une pièce entière.

Cause racine : Pollution par des produits de corrosion à l'interface cloquant/PCB : Contact impossible



Analyse individuelle des micro-switch présent sur la carte, à l'intérieur du boîtier.



EasyTom 160 - Taille de voxel : 4 μ m – Acquisition sur pièce entière (40x30x10mm)
Pollution par des produit de corrosion à l'interface cloquant/PCB : Contact impossible



L'ouverture a posteriori permet de confirmer la présence de la pollution et de l'identifier.

“Au niveau du micro-switch défaillant, la tomographie haute résolution a permis de mettre en évidence une pollution importante sur la surface du PCB et à l'interface Piste/Cloquant. D'où la pertinence de réaliser l'analyse sans ouvrir la pièce, cela évite le risque d'artéfact.”

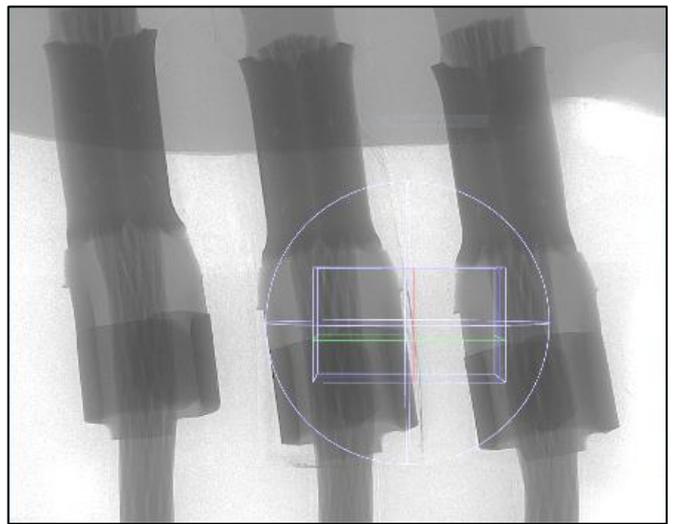
Cas n°4 : Capteur de pression : Migration ionique

Le capteur est constitué d'une partie mesure de pression, d'un lead frame et d'un assemblage par sertissage sur le câblage. Le tout surmoulé dans plusieurs surmoulages. Le capteur mesure 5cm (hors câble).

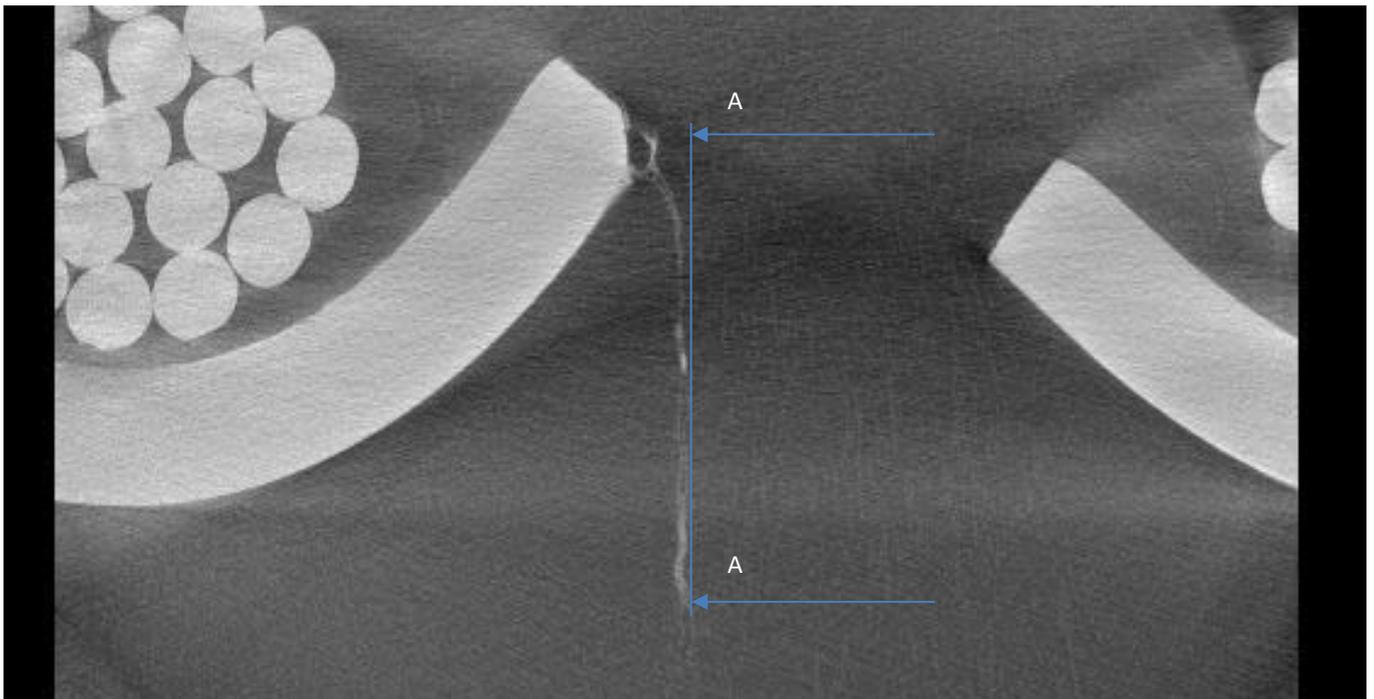
Défaillance : Informations erronées délivrées par le capteur

Défis de l'analyse : Mettre en évidence des dépôts très peu denses et très peu épais dans une pièce de 5cm, avec son câble.

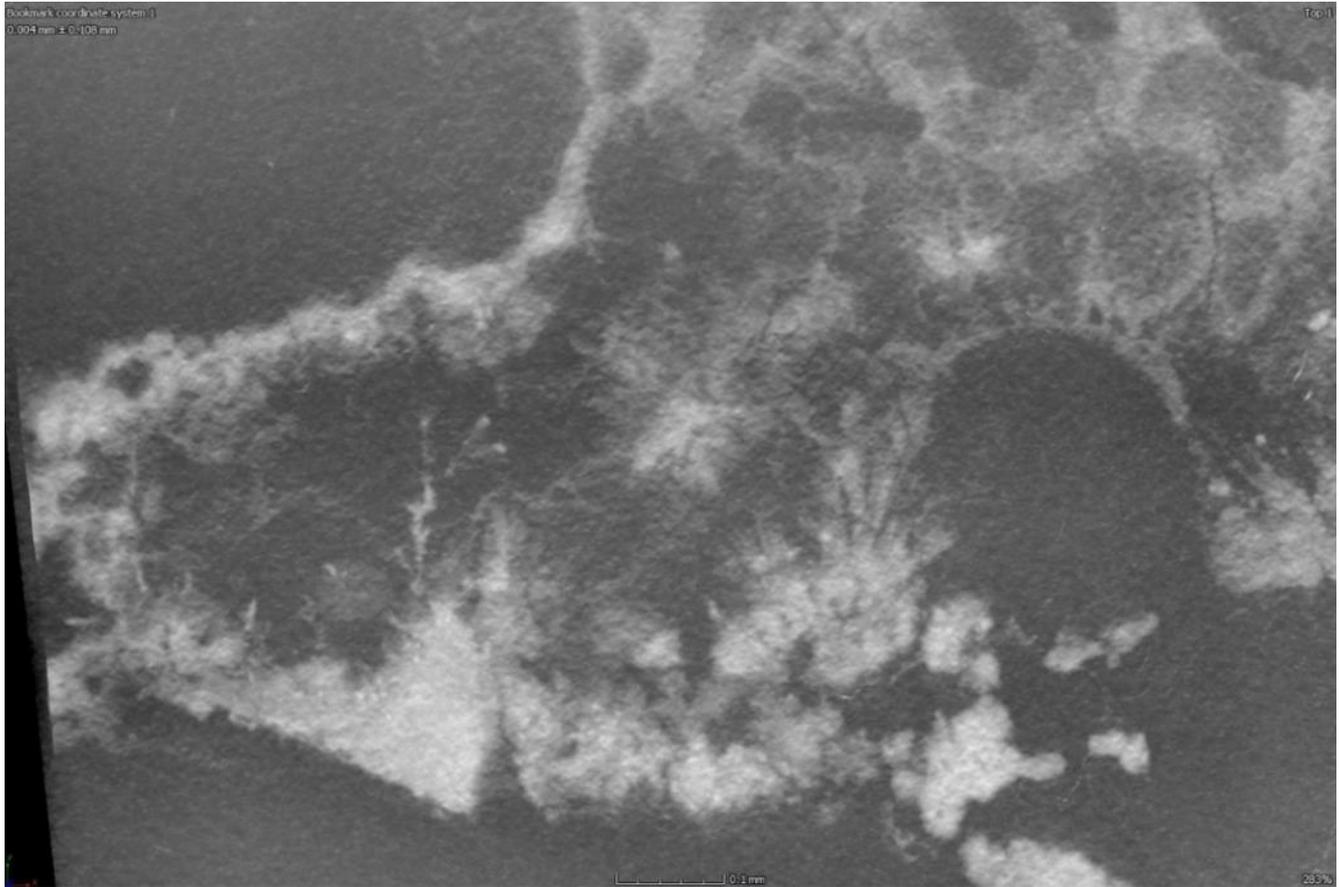
Cause racine : Infiltration d'eau + sels aux interfaces entre les surmoulages et les différents éléments métalliques. L'alimentation électrique en présence d'eau salée provoque la corrosion et la migration des sels métalliques entre les différentes voies, le long des interfaces libres entre les différents surmoulages. Ce qui engendre des ponts conducteurs formant des dendrites aux faciès caractéristiques de la migration ionique, sources de courant de fuite ou de court-circuit.



Le capteur de pression entier. Scan haute résolution sur une zone entre les sertissages



Plan de coupe A-A



*Coupes virtuelle AA : observation de dendrites caractéristiques
EasyTom 160 - Taille de voxel : 4 μ m – Acquisition sur pièce entière (5x5cm)
La migration ionique interne entre les sertissages entraine la formation de dendrites*

“L’ouverture de telles pièces n’est pas possible sans détruire les dendrites. La tomographie en haute résolution a permis de mettre en évidence ces dendrites de façon indiscutable, alors que les tests électriques n’étaient pas discriminants (trop dépendants des conditions de mesures).”

La tomographie est une technologie puissante pouvant être utilisée pour une grande variété d’applications, allant de l’analyse des matériaux à l’inspection d’assemblage, en passant par les mesures dimensionnelles.

Dans le cadre de l’analyse de défaillance pour l’électronique embarquée, la tomographie à haute résolution permet d’inspecter les composants internes sans risquer d’endommager d’avantage la pièce incriminée (ce qui pourrait conduire à l’endommagement ou la perte des éléments pertinents pour la conclusion).

Un équipement tel que l’EasyTom de RX Solutions permet de travailler facilement à plusieurs échelles, passant d’une observation globale du composant à une analyse ciblée très haute résolution, ceci malgré l’encombrement important de la pièce à analyser, ce qui en fait un outil de choix pour l’analyse de défaillance dans l’électronique embarquée.

TOMOGRAPHIE INDUSTRIELLE A RAYONS X EQUIPEMENTS DE HAUTE PERFORMANCE

RX Solutions conçoit et fabrique des systèmes innovants d'imagerie non-destructive par rayons X. La gamme d'équipements RX Solutions couvre l'ensemble des applications à la fois industrielles et de recherche de micro et nano-tomographie.

RX Solutions offre également un service de prestations spécialisé dans l'analyse à rayons X, s'appuyant sur une équipe expérimentée au sein d'un laboratoire intégrant des équipements de dernière génération.

Découvrez en plus sur RX Solutions à l'adresse suivante:
www.rx-solutions.com et suivez nous sur Instagram
[@rx.solutions](https://www.instagram.com/rx.solutions).



24 bis, Rue Uranus - ZAC Altaïs
FR-74650 CHAVANOD
+ 33 450 673 952
sales@rx-solutions.com
www.rx-solutions.com