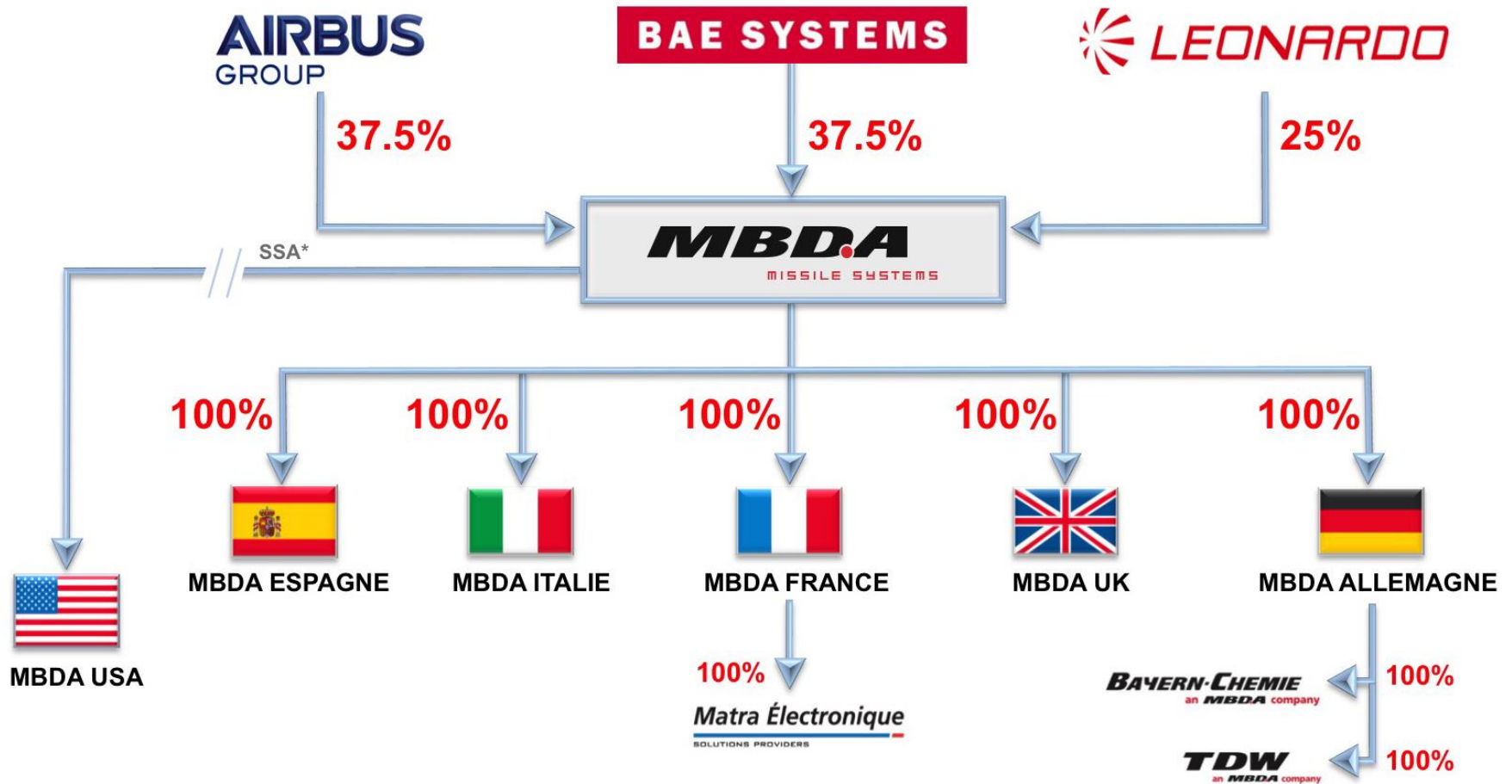


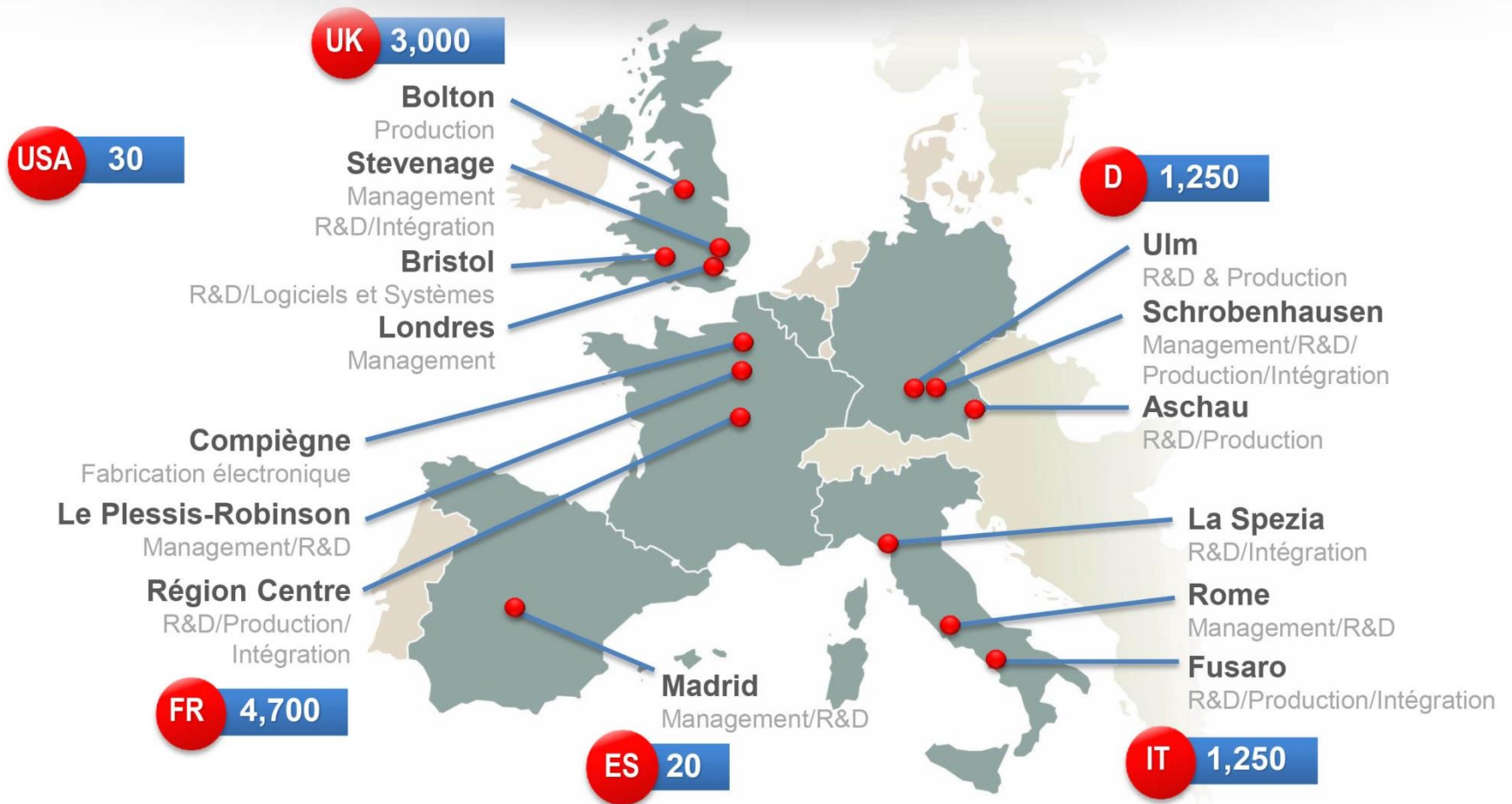
Détection de défauts par thermographie infrarouge sur matériaux composites

Laurent DANIEL – MBDA France
9/03/2017



* Accord juridique avec le DoD US permettant à MBDA de mener des activités, au titre d'un Spécial Security Agreement, et de détenir les autorisations de confidentialité nécessaires à la conduite d'activités classifiées aux États-Unis

Plus de 10 000 salariés dans le monde,
dont 60% d'ingénieurs et de techniciens



Accès à toutes les plateformes

AIR



Typhoon



Rafale



Tornado



Mirage



JAS 39 Gripen



F-15/F-16/F-18



Jaguar



F-35



A400M

MER



Porte-avions



Rafale



Wildcat -Lynx
Panther - NH 90
Sea King - AW 101



Atlantic II

Navire d'attaque
rapide de la
classe CB90



Sous-marins



Horizon, T45,
FREMM - PPA - T26
Gowind

TERRE



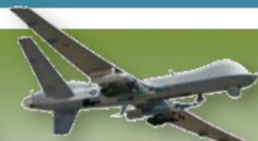
VL MICA - EMADS



Aster SAMP-T



TLVS



Reaper



Tiger



NH 90



Dhruv

MPCV - MCP/I-MPC





Service Matériaux et Procédés :

- Pôle de compétence du domaine des Matériaux et Procédés de MBDA France, il apporte une expertise dans les technologies matériaux: métalliques, composites, organiques, thermo-structuraux, traitements de surface, furtifs,
- Constitué d'une équipe de 15 personnes, il apporte un soutien à toutes les directions : Programmes, Techniques, Opérations, Support & Services Clients

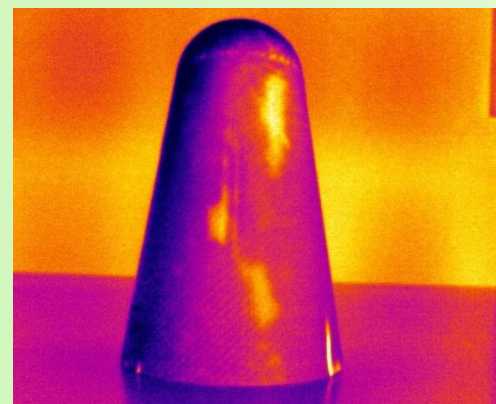
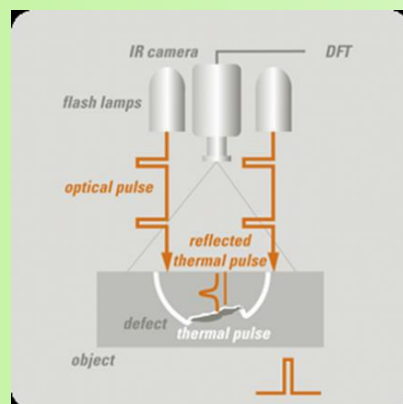
- **Le Laboratoire dispose de moyens performants pour mener les études, caractérisations et expertises**
 - **Essais et Contrôles Non Destructifs**
 - **Analyses et Essais Physico-Chimiques, Analyses Métallurgiques**
 - **Essais Mécaniques, Tribologie, Fatigue**
 - **Élaboration et caractérisation de matériaux composites, furtifs,**

Problématique:

- Les matériaux composites sont de plus en plus employés de part leurs propriétés spécifiques,
- Nécessiter de contrôler la santé matière : délaminages, porosités, décollement
- Trouver une méthode de contrôle simple, efficace, rapide et à moindre coût complémentaire aux techniques CND habituelles : radiographie, ultrasons

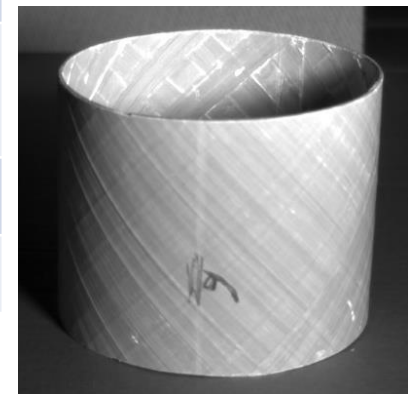
Solution

Essais et Contrôles Non Destructifs par thermographie infrarouge active





- **Choix du matériel de thermographie :**

Camera	X6540sc FLIR
Bande spectrale	1,5 à 5,1 μm
Type de détecteur	Antimoniure d'Indium (InSb)
Résolution spatiale	640x512 pixels
Résolution thermique	< 25 mK
Gamme de mesure ($^{\circ}\text{C}$)	- 10 $^{\circ}\text{C}$ à 300 $^{\circ}\text{C}$
Fréquence d'images en pleine résolution	126 Hz
Optique USL motorisée	25 mm 22 $^{\circ}$ x17 $^{\circ}$
Filtrage motorisé	4 positions



- **Choix du matériel de thermographie :**

Banc de contrôle	Photo
Boitier de synchronisation Edevis Générateur PTvis Edevis	
Lampe flash 6000 Joules	



- **Choix du matériel de thermographie :**

Conditions opératoires	
Types d'essai :	<ul style="list-style-type: none">- Flash impulsionnel de 10 ms- Énergie délivrée 100% (6000 J)- En réflexion à une distance de 50 cm environ
Paramètres de l'acquisition et traitements des thermogrammes :	<ul style="list-style-type: none">- Fréquences : 100 Hz à 126 Hz- Durée de l'enregistrement : 20 s sur disque dur SSD.- Logiciel Edevis DisplayImg 6

Exemples d'applications de la thermographie infrarouge active sur matériaux composites

- **Coiffe en matériau composite à matrice céramique CMC**

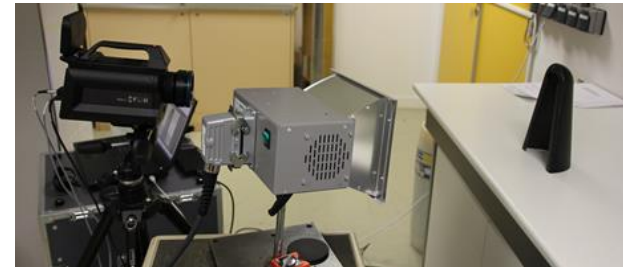


Image de phase à 0,5 Hz

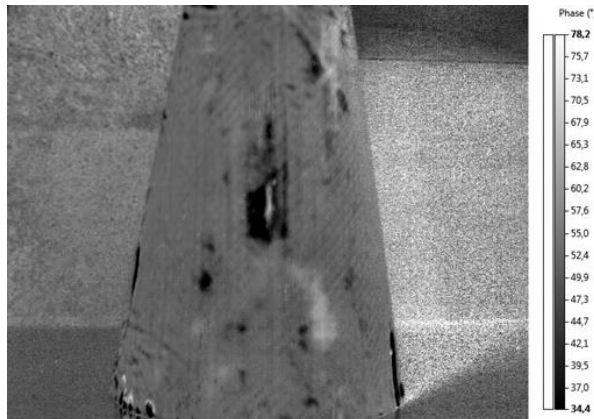
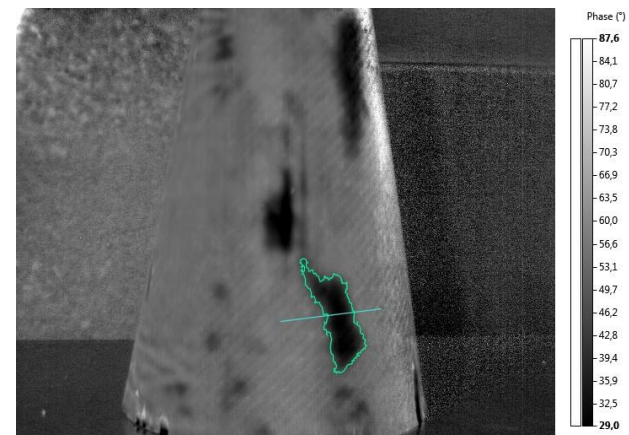


Image de phase à 0,1 Hz



- Structure en composite haute température



Image de phase à 0,5 Hz

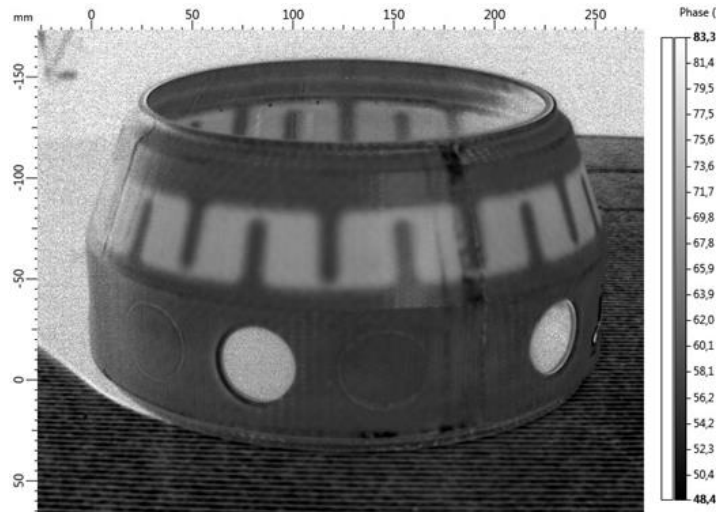


Image de phase à 0,1 Hz



Zone creuse en blanc en avance de phase ou noir en retard de phase


- Éprouvettes en matériaux composites haute température à renfort carbone
- Dimensions 250x 25 mm épaisseur = 1,4 mm
- Collaboration avec le Laboratoire MATEIS (INSA Lyon) 



Image de phase à 1 Hz

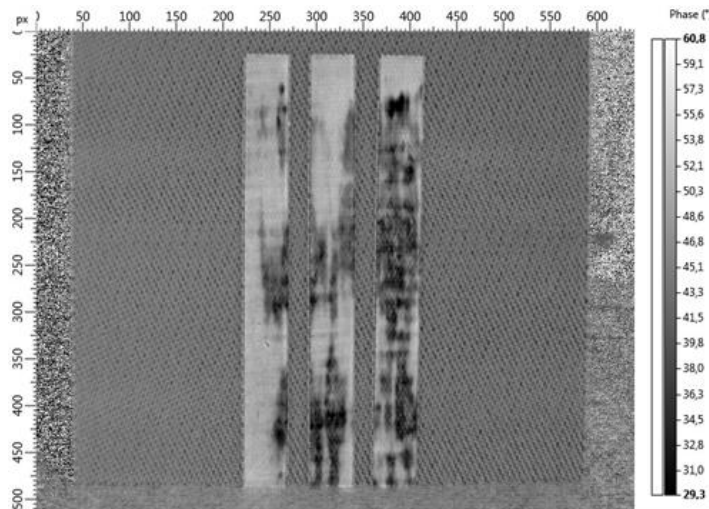
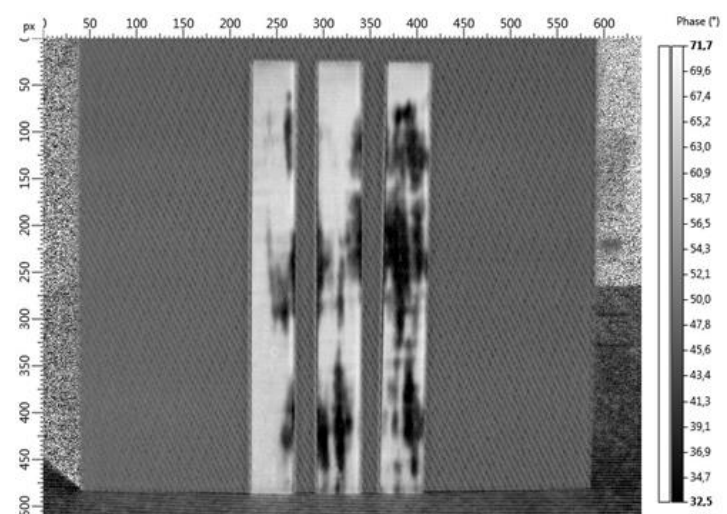
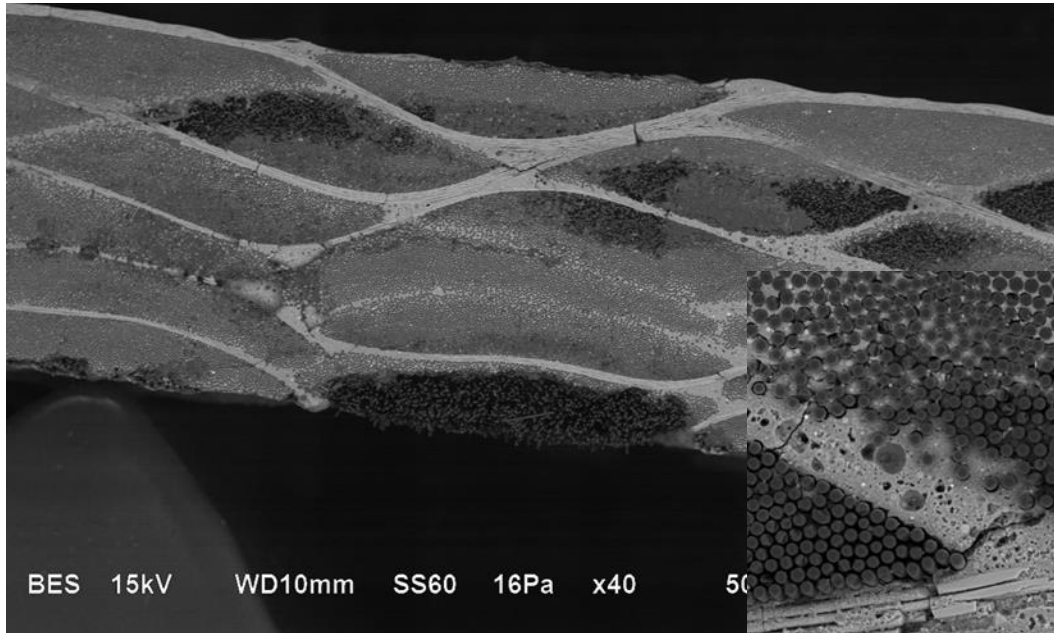


Image de phase à 0,4 Hz

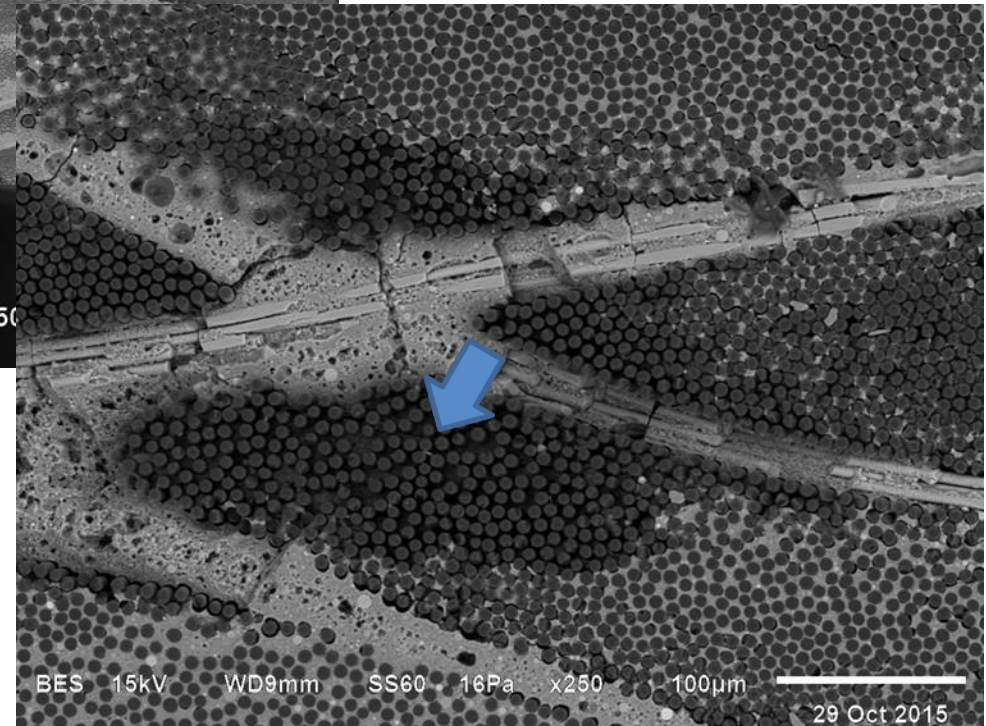


Détection de défauts sur > 50% des éprouvettes

- **Éprouvettes en matériaux composites haute température à renfort carbone**



Observations au MEB



- **Tube composite épaisseur 1mm**
But : suivi de process après développement
- **Détection des inhomogénéités du drapage en carbone époxy**



Image de phase à 1 Hz

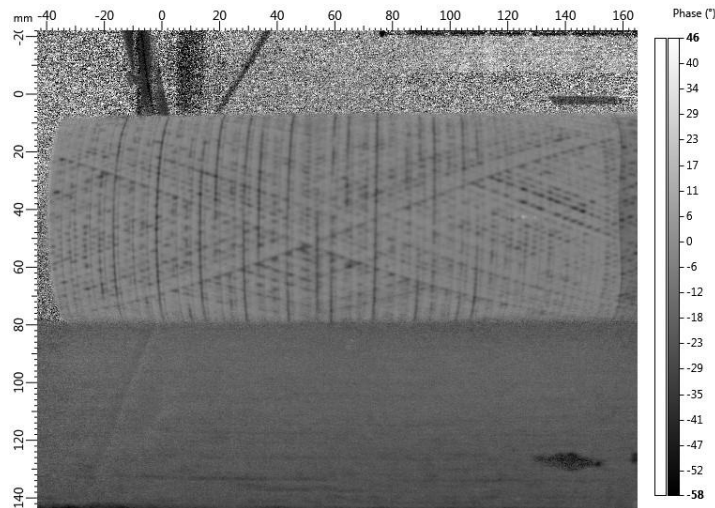
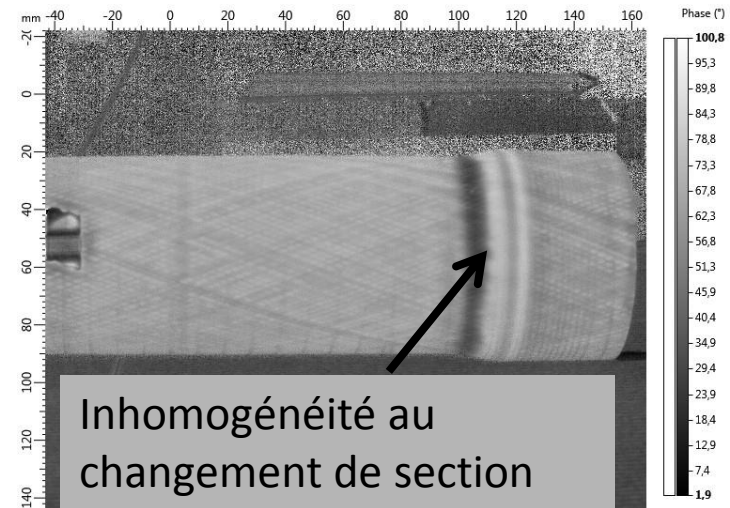


Image de phase à 0,1 Hz



- **Aile en fabrication impression 3D carbone nylon**
- **Machine Mark Two de MARKFORGED en partenariat avec SCEI**



- Aile en fabrication 3D carbone
- INFRAROUGE

Image brute en intensité lumineuse

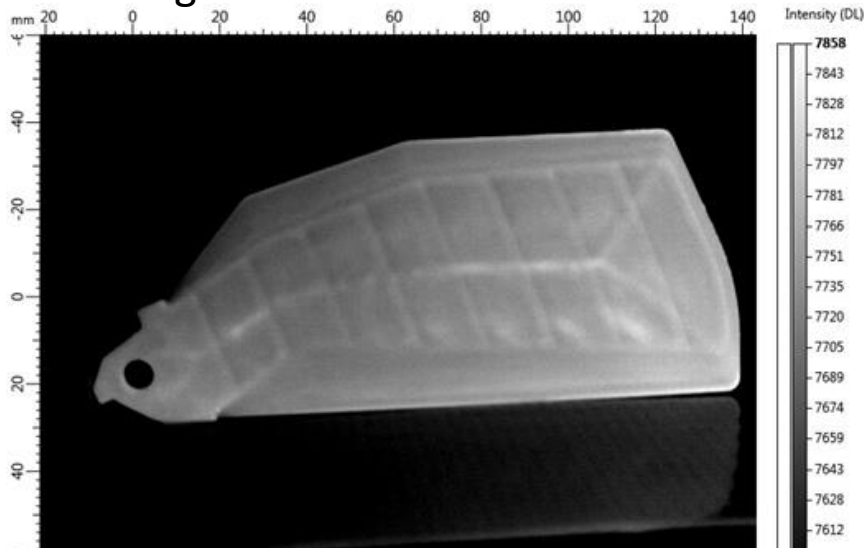
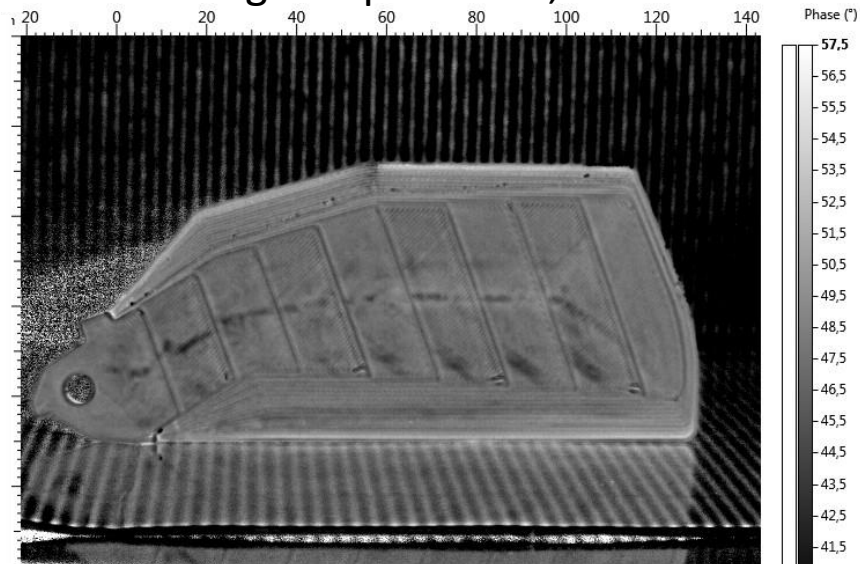
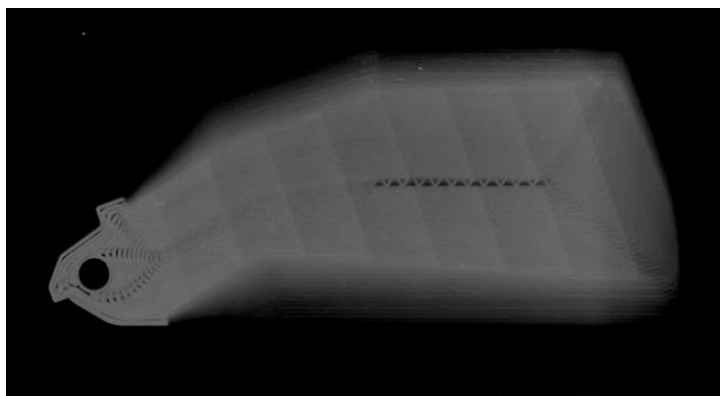


Image de phase à 0,5 Hz

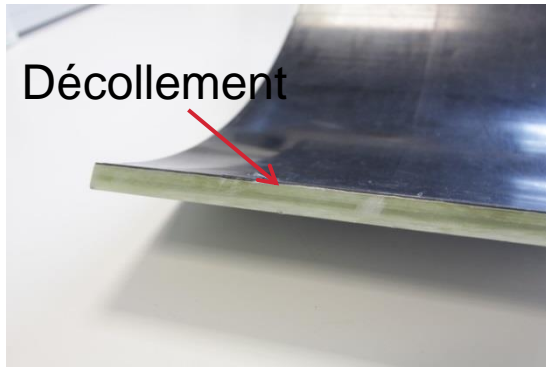


- RADIOGRAPHIE

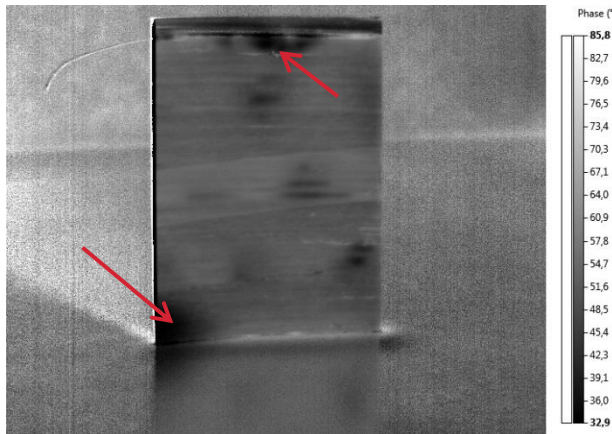


Détection de défauts par thermographie infrarouge sur matériaux composites

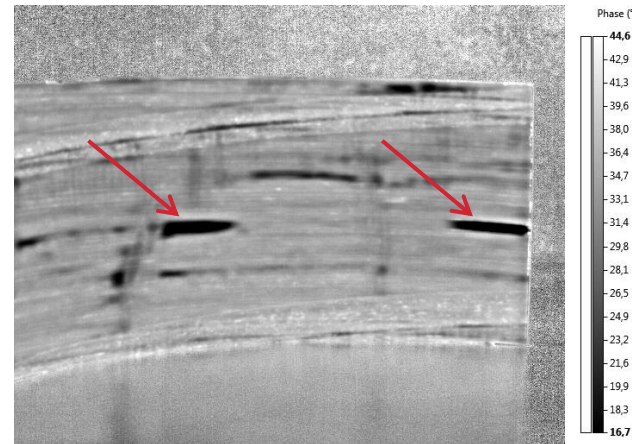
- Exemple de cas non résolu : conteneur
- Épaisseur à traverser 10 mm de fibre de verre peinte + tissu carbone coté interne



Analyse face interne



Analyse face interne



- **Apport de la méthode**
- **Détection rapide des défauts d'homogénéité type délaminage**
- **Bon dimensionnement de la surface des défauts proche de la surface ($\leq 2\text{mm}$)**

- **Informations manquantes**
- **Nature de l'indication de défaut**
- **Localisation en profondeur de l'indication**
- **Limitation en épaisseur contrôlée (2 à 6 mm)**

- **Propositions d'amélioration**
- **Définir la position du défaut par méthode TSR**
- **Déterminer le taux de porosités en acceptation pièce**
- **Mesure de la diffusivité thermique du matériau**



Merci