





Le collage pour applications spatiales

14/06/2017 - Journée technique collage - RESCOLL

Vincent LORIAUD - v.loriaud@mecano-id.fr



Le collage pour applications spatiales

- Présentation de MECANO-ID
- Les applications possibles du collage dans le spatial
- Les contraintes liées à l'environnement spatial
- Etudes de cas
 - Crushable TPS for MRS & PHOOTPRINT
 - Bielles CFRP-Titane
- Conclusion



Présentation de Mécano-ID



- **PME Toulousaine de 60 pers**
 - 50% ingénieur et PhD
- **24 ans d'expérience dans le spatial**
 - Conception, calcul, fabrication composite, essais
 - Plus de 10 missions en lien avec le collage (Telecom, Science, Observation, Exploration)
- **Compétences en collage:**
 - Qualification en collage spatial structural : Alu-Alu, CFRP/CFRP CFRP/Titane et Panneaux sandwich
 - Qualification en collage secondaire: Collage silicone

Mécano-ID

Applications

Contraintes

Etudes de cas

Conclusion

Les application du collage dans le spatial

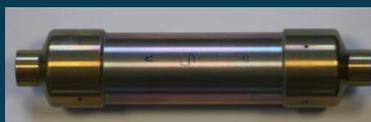
- **Avantages du collage**
 - Gain de masse
 - Baisse des coûts
 - Mise en œuvre
 - Compatibilité matériaux
 - Répartition des efforts



Les application du collage dans le spatial

- Exemples d'applications réalisées par MECANO-ID

- Panneau sandwich
- Inserts
- Liaisons de structures
- Bielles





Les contraintes liées au spatial

- Mécaniques (phase de lancement et transitoire)
 - Tenue aux efforts
 - Critère de raideur
- Thermiques (phases de vol)
 - Plages de températures : -180°C + 180°C max pour collage
 - Contraintes liées au thermoélastique

Mécano-ID
Applications
Contraintes
Etudes de cas
Conclusion



Les contraintes liées au spatial

- **Tenue au dégazage**
 - Taux de matière volatiles < 1%
- **ESD**
 - Conductivité électrique
- **Maitrise du procédé de collage**
 - Traçabilité
 - Contrôle
 - ISO9001 & 9100
- **REACH, ITAR-free**

Mécano-ID
Applications
Contraintes
Etudes de cas
Conclusion



Les contraintes liées au spatial

- Procédé spécial nécessitant un environnement contrôlé, notamment pas de FOD
- Quantités liées au spatial
 - Quelques grammes de colle / pièces
 - Approvisionnement problématique dans certains cas

Mécano-ID
Applications
Contraintes
Etudes de cas
Conclusion



Les contraintes liées au spatial

→ Cahier des charges complexe

→ Choix de l'adhésif vis-à-vis du cahier des charges

- Colle Epoxy
 - bi-composants
 - colle en film
- Colle silicone

Mécano-ID

Applications

Contraintes

Etudes de cas

Conclusion

Etudes de cas

- Crushable TPS for ERC



- Bielles CFRP-Titane



Etudes de cas: Crushable TPS for ERC

- **Contexte**

- Mission MRS et PHOOTPRINT
- Capsules de retour d'échantillons



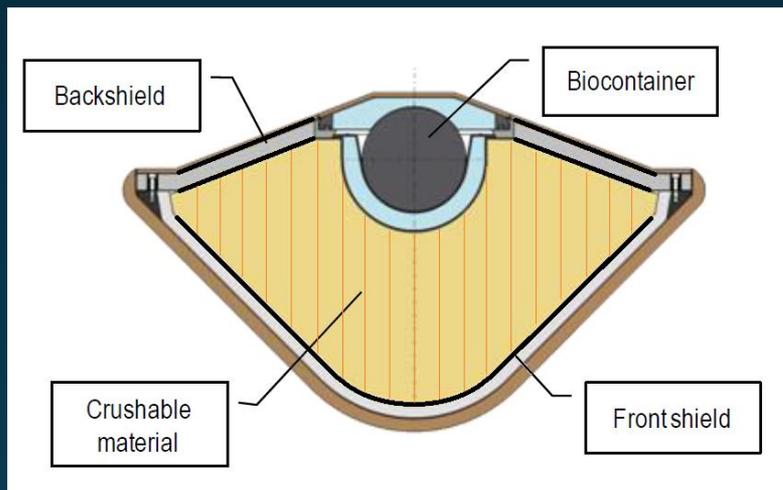
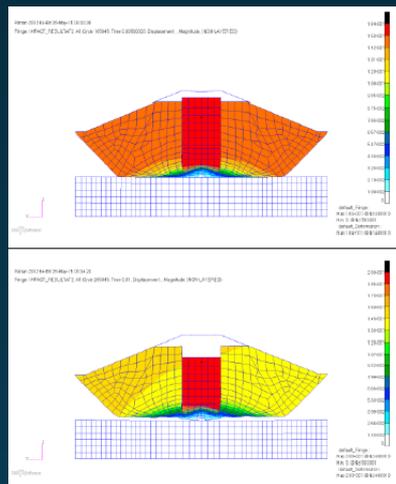
- **Cahier des charges**

- Limitation de la décélération d'impact (< 800 g)
- Protection thermique du biocontainer durant la phase de réentrée et après atterrissage
- Plage de température en vol : -30°C à +70°C
- Tenue au dégazage

Etudes de cas: Crushable TPS for ERC

- **Solution retenue**

- Caractérisation, simulation, conception par MECANO-ID



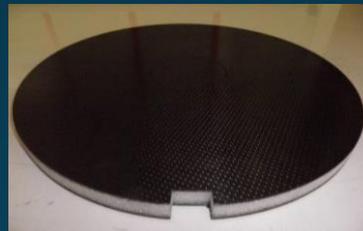
- Frontshield : nida Aramide + CFRP collé

- Backshield : mousse PVC réticulé + CFRP collé

Etudes de cas: Crushable TPS for ERC

- **Réalisation de démonstrateurs**

- Mousse PVC détournée, nida usiné
- Peaux CFRP fabriquées par LRI avec surface texturée (peel-ply)
- Colle utilisée: film Epoxy (380g/m²), polym 1h à 170°



Etudes de cas: Crushable TPS for ERC

- **Réalisation de démonstrateurs**

- Usinage du cœur nida complexe de part les dimensions
- Contrainte dimensionnelle forte sur le diamètre
- Collage sous vide nécessitant un outillage latéral pour ne pas endommager le Nida

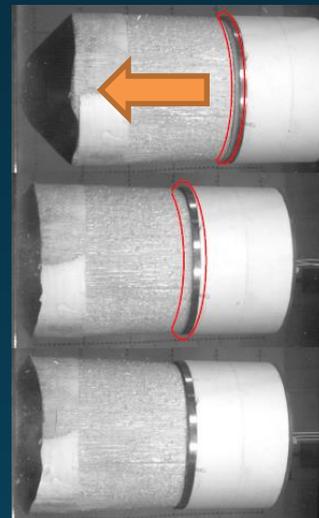
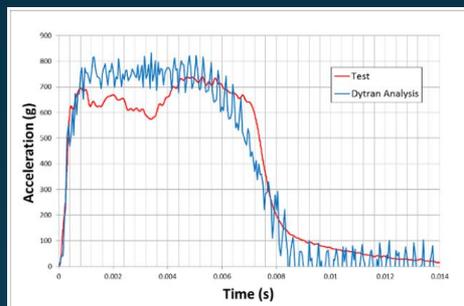


600
mm

Etudes de cas: Crushable TPS for ERC

- **Essais d'impacts**

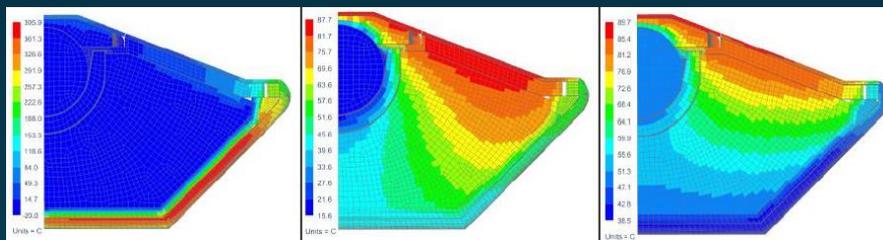
- Essais d'impact : pas de décohésion Nida/CFRP
- Validation du concept de peaux CFRP assemblées par collage à une structure amortissante pour l'ERC.



Etudes de cas: Crushable TPS for ERC

- Essais thermiques

- Essais de caractérisation thermique pour valider la température du container : $< 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ lors de la phase de réentrée et 1h après atterrissage



Etudes de cas: Bielles CFRP-Ti

- **Géométrie**

- Embout internes ou externes
- De Ø15 à Ø70 mm
- Longueur des bielles jusqu'à 2,5 m



- **Tubes CFRP**

- Carbone HM / Résine Epoxy
- Procédé RTM

- **Embouts Titane: Ta6V usiné**

- **Adhésif : Colle Epoxy bi composants**

Etudes de cas: Bielles CFRP-Ti

- Cahier des charges

- Température d'utilisation: -100°C / $+140^{\circ}\text{C}$

- CTE CFRP environ 0 K^{-1} et CTE Titane environ 9.10^{-6} K^{-1}

- génération de contraintes thermoélastiques

- Contrainte à rupture en cisaillement du joint de colle après vieillissement $> 9\text{ Mpa}$

- Rupture non 100% adhésive

- Surface de collage $> 90\%$

- Tenue au dégazage

Mécano-ID

Applications

Contraintes

Etudes de cas

Conclusion

Etudes de cas: Bielles CFRP-Ti

- **Préparation de surface**
 - Préparation mécanique + nettoyage
 - Procédé répétable
 - Temps d'activation surface : < 4h Ta6V et <24h CFRP
- **Application de l'adhésif par injection**
 - Environnement contrôlé (T° et HR)
 - Procédé développé à MECANO-ID pour limiter les porosités
 - Maitrise de l'épaisseur du joint de colle



Etudes de cas: Bielles CFRP-Ti

- **Cycle de polymérisation de la colle**
 - Cycle préconisé (datasheet) : 1h à 90°C
 - Réduction de la température pour limiter les contraintes thermoélastiques (5 j à 25°C)
 - Compromis à trouver entre le température, la durée de polym et le taux de réticulation
 - Plusieurs cycles testés
 - Validation du taux de réticulation du cycle sélectionné par DSC corrélés à des essais de dureté shore D, utilisés en production
→ 14h à 35°C + post polym
- **Contrôle de la surface de collage par ultrasons (A-scan)**

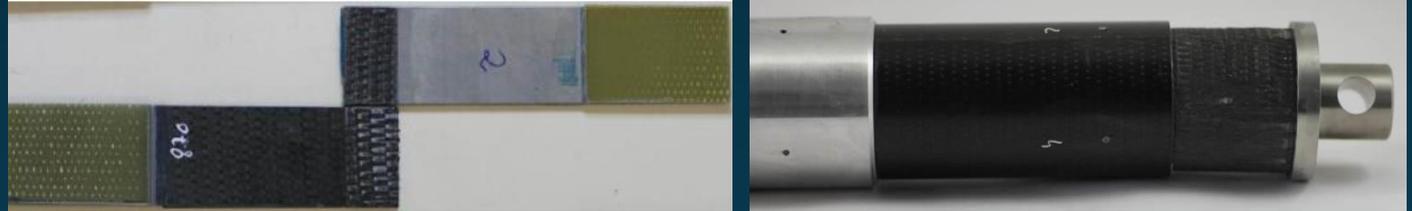
Etudes de cas: Bielles CFRP-Ti

- **Caractérisation du collage CFRP-Ti**
 - Essais de traction par simples recouvrement (NF EN 1465)
 - Essais de traction sur bielles
 - Validation de la tenue aux contraintes thermoélastiques par essais après cyclage thermiques (100 cycle entre -100 et +140°C sous vide et Patm)



Etudes de cas: Bielles CFRP-Ti

- **Caractérisation du collage CFRP-Ti**
 - Contrainte à rupture > 11MPa
 - Rupture principalement cohésives
 - Dispersions relativement faibles – procédé répétable



- **Qualification du collage CFRP-Ti validé**
- **Procédé de collage développé utilisé sur pièces de vol**



Conclusion

- Le collage présente de nombreux avantages pour le spatial et peut être utilisé pour des applications variées, néanmoins, il doit être adapté au cas par cas en fonction des systèmes à coller.
- Il peut nécessiter des développements longs et complexes pour des très petites séries
- Dépendamment du cas d'application, il permet tout de même de réaliser des gains de masse et des diminutions de coûts significatifs par rapport à des solutions d'assemblage plus classiques.

Mécano-ID
Applications
Contraintes
Etudes de cas
Conclusion

Merci pour votre attention

Pour plus information:

Vincent LORIAUD

Chef de projets R&D

+33 (0)5 34 608 444

v.loriaud@mecano-id.fr

Yohann LEDRU

Responsable R&D

+33 (0)5 34 608 442

y.ledru@mecano-id.fr

Stéphane GALINIER

Responsable Commercial

+33 (0)5 34 608 408

+33 (0)6 15 051 777

s.galinier@mecano-id.fr

MECANO ID – 9 rue Paul Charrier – 31100 TOULOUSE – France [http:// www.mecano-id.fr](http://www.mecano-id.fr)