





# Le collage pour applications spatiales

14/06/2017 - Journée technique collage - RESCOLL

Vincent LORIAUD - [v.loriaud@mecano-id.fr](mailto: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



Mécano-ID

Applications

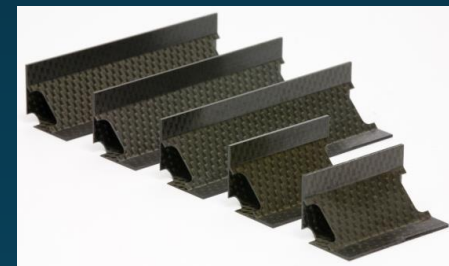
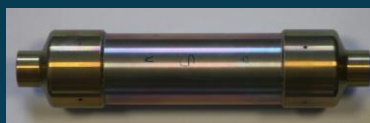
Contraintes

Etudes de cas

Conclusion

# 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 :  $-180^{\circ}\text{C}$  +  $180^{\circ}\text{C}$  max pour collage
  - Contraintes liées au thermoélastique



# 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

# 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



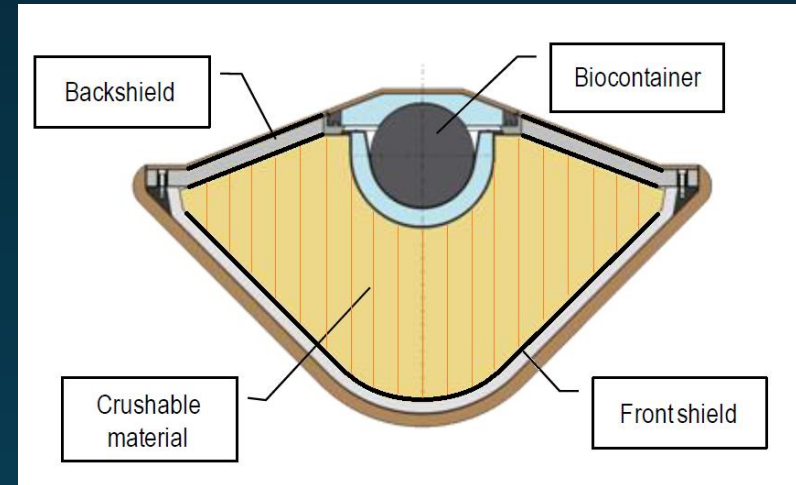
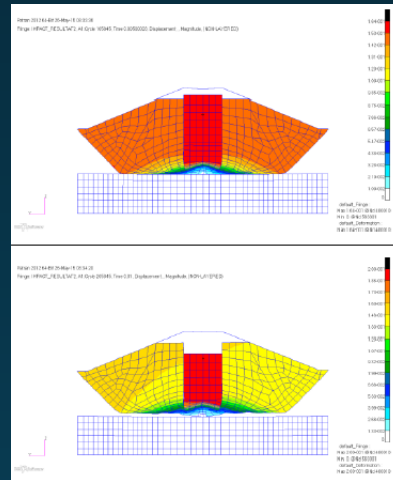
- **Cahier des charges**

- 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



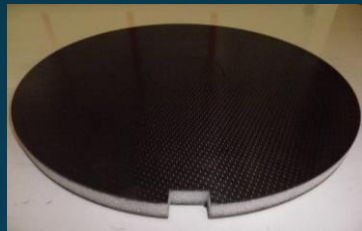
- Frontshield : nida Aramide + CFRP collé

- 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/m<sup>2</sup>), polym 1h à 170°



Mécano-ID

Applications

Contraintes

Etudes de cas

Conclusion

# 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

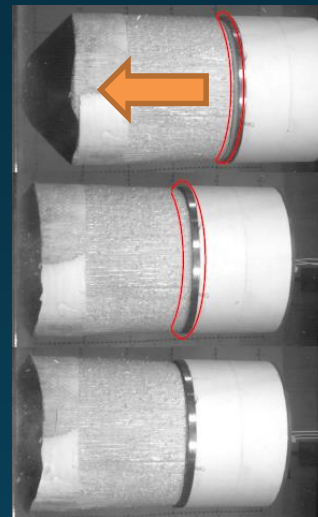
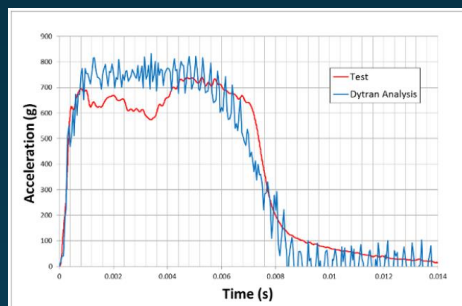


600  
mm

# 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.

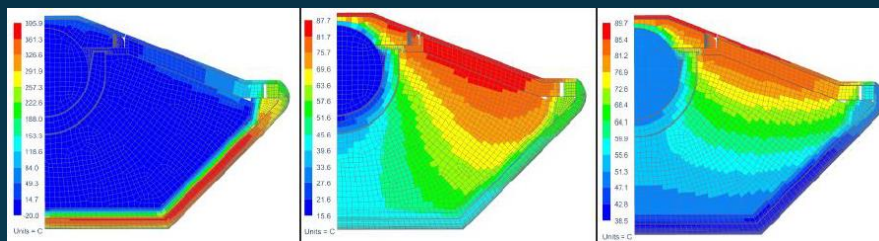




## Etudes de cas: Crushable TPS for ERC

- 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:  $-100^{\circ}\text{C}$  /  $+140^{\circ}\text{C}$

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

- 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)**

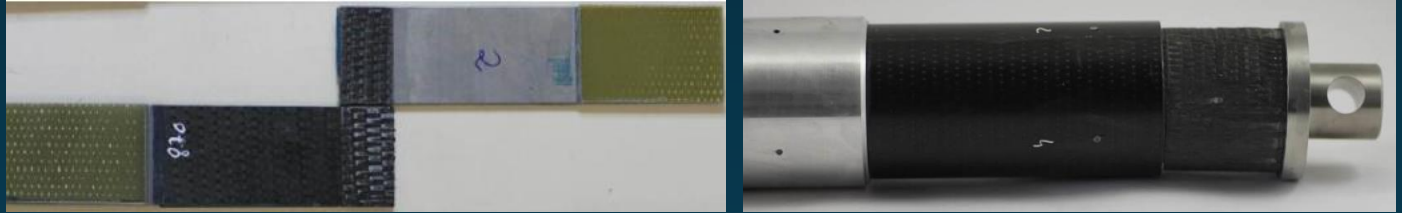
# Etudes de cas: Bielles CFRP-Ti

- **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  $> 11\text{MPa}$
  - 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](mailto:v.loriaud@mecano-id.fr)

**Yohann LEDRU**

Responsable R&D

+33 (0)5 34 608 442

[y.ledru@mecano-id.fr](mailto: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](mailto:s.galinier@mecano-id.fr)

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