THEOREM

« THErmal ORganic Enhanced Material »

Matériaux composites conducteurs thermiques



FORUM ARCACHON du 21 et 22 Juin 2016

THEOREM - Etats des lieux et expression du besoin

Situation actuelle

- > Avion plus électrique : davantage d'électronique embarquée
- ➤ Densité de puissance des composants en hausse → échauffement
- > Forte nécessité de <u>réduire la masse des équipements embarqués</u>
- ➤ Matériau à sollicitation mécanique : Aluminium → Composite
- ➤ Problématique → composite = matériau isolant électrique et thermique
- > Pas de matériaux disponibles sur le marché





THEOREM - Principales cibles et applications



Boitier électronique



Baie électrique



Drain thermique de cartes électroniques

THALES



THEOREM - Etats des lieux et expression du besoin

Situation visée post-THEOREM

- Matériau composite conducteur thermique concurrençant l'aluminium : masse/conductivité
- Intégration dans les systèmes embarqués
 - Boîtiers et/ou drains de cartes électroniques
 - Structures d'accueil de systèmes aéronautiques
 - Baies électroniques
- Amélioration de l'autonomie, de la capacité de charge et du rayon d'action des systèmes amonts



THEOREM - Le projet

Projet labellisé en novembre 2009 (FUI 9)

Durée du projet :3 ans, T0 en juin 2010

Consortium avec 4 Industriels

- > THALES SYSTEMES AEROPORTES (Leader)
- ➤ LATELEC (filiale LATECOERE)
- > RESCOLL
- > MIPNET

Et 3 Laboratoires et structures publiques

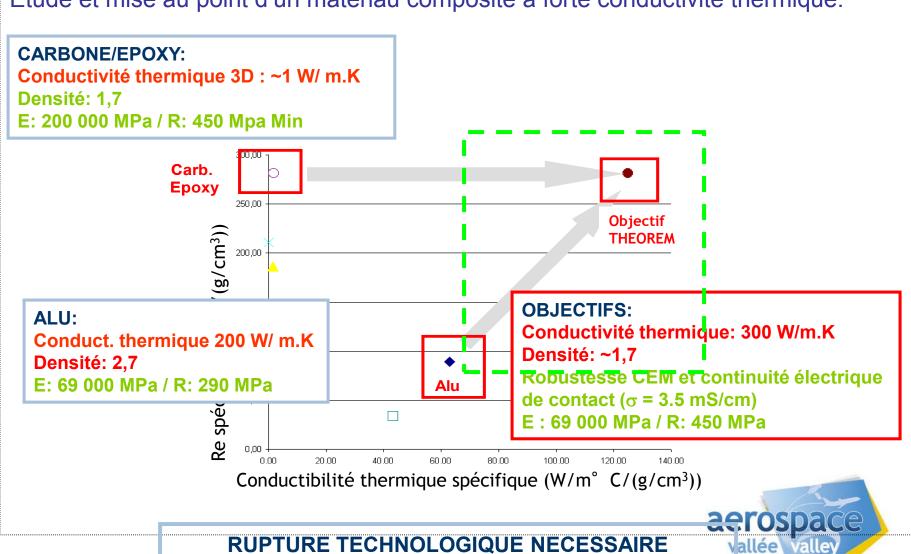
- Institut Clément Ader (Université Paul Sabatier Toulouse III)
- ➤ Laboratoire de Chimie des Polymères Organiques (LCPO)
- CANOE (Laboratoire de Bordeaux)



THEOREM - Principaux objectifs techniques

But de l'étude :

Étude et mise au point d'un matériau composite à forte conductivité thermique.



THEOREM - Le matériau composite conducteur thermique

Objectif

- Densité ~ 1,7 (Alu : 2,7)
- Conductivité thermique λ ~ 300 W.m⁻¹.K ⁻¹ (Alu : 200)
- Propriétés méca > Propriétés méca alu



Structure envisageable du matériau

Renfort : fibres carbone haut module (λ élevé)

+

> Tissage 3D pour une évacuation calorifique multidirectionnelle

+

➤ Matrice : résine thermodurcissable/thermoplastique chargée avec des charges conductrices thermiques

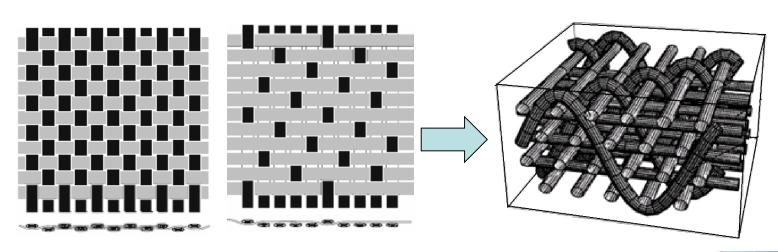


Base de travail - Renfort

> Fibres carbone haut module

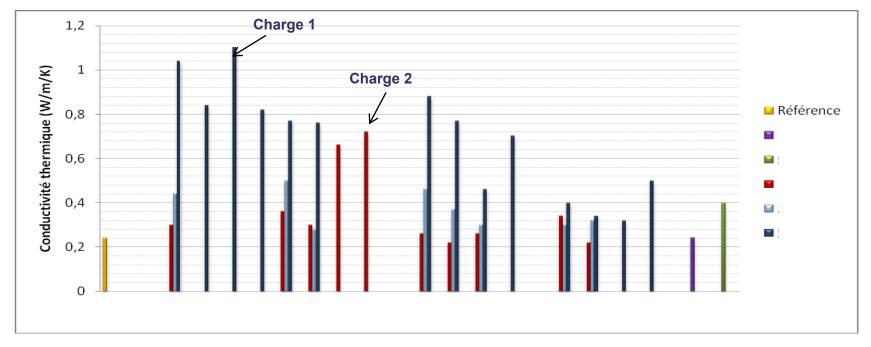
Nom	Conductivité thermique longitudinale (W/m/K)	Module d'Young (GPa)	Contrainte à la rupture en traction (MPa)	Densité (g/cm³)	Nb de fils (x1000)			
Fibres ex-PAN HR								
HTA40E13	< 70	230	3600	1.79	6			
Fibres ex-brai THM								
YS-70A-60S	300	720	3530	2.14	6			
YS-80A-60S	350	785	3630	2.17	6			
YS-90A-60S	500	880	3630	2.18	6			

➤ Architectures 2D (taffetas et satin) et 3D Interlock



aerospace valle valle

Base de travail - Matrice époxy



➤ Charge 1

• Tailles et formes variées → Apport réel = +400 % / Référence (matrice organique non chargée)

➤ Charge 2

• Taille et formes uniformes → Apport réel +250 % / Référence (matrice organique non chargée)

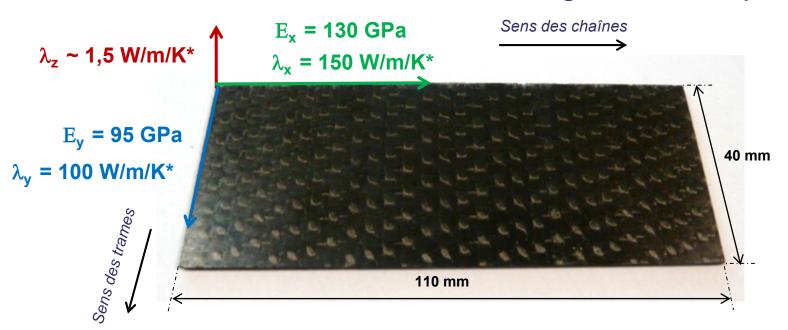


THEOREM - Bilan technologique

Composition optimale:

Fibre X tissée 3D / Matrice chargée Y

Matériaux thermo-conducteur rigide anisotrope





THEOREM - Validation du comportement du composite

Fungus:

DO-160F Section 13 Catégorie F

28 jours à 30° C + 97% d'humidité

Aucune prolifération détectée

Susceptibilité aux fluides :

MIL-STD-810F Méthode 504

48h en contact avec une dizaine de fluides

•Carburant (OTAN F35)

•Solvants (Diestone S, MéthylEthylCétone, Éther de pétrole)

Produit de nettoyage (Diestone DLS,...)Graisses (G-559 et G-554)

• Divers (Alcool isopropylique dénaturé, Eau déminéralisée)

Aucune détérioration notable

Chaleur humide:

DO-160F Section6 Catégorie B

10 jours à 75° C et 90% d'humidité

Aucune modification de la géométrie des pièces

Pas d'altération de la surface

Brouillard salin:

DO-160F Section 14 Catégorie T

4 cycles (24h brouillard + 24h séchage) sur éprouvettes seules ou collage composite/aluminium

Aucune détérioration observable

Pas de délaminage des plis

VRT (Variation Rapide de Température)

150 cycles VRT : -55° C / +125° C avec une pente de 10° /min et pallier de 20 minutes, pour les températures min et max.

Aucune détérioration (éprouvettes métallisées ou non)

Conservation des propriétés thermiques

Résultats OK : produit avionnable



THEOREM - Bilan technologique

	Objectif / Aluminium	Résultats		
		/ x	/ y	/ z
Conductivité thermique	+ 30 %	- 20 %	- 15 %	- 95 %
Masse volumique	- 30 %	- 40 %		
Module d'Young	+ 10 %	+ 10 %	+ 50 %	-

- → Tenue des objectifs de gain de masse et de rigidité
- → Conductivité thermique dans le plan acceptable
- → Tenues aux environnements Aéroportés

Rapport « thermomassique » excellent (2x Aluminium)

vallée valle

Possibilité / Nécessité d'adapter la conception des drains thermiques en fonction des propriétés thermiques et mécaniques **anisotropes**

→ Considérer <u>la direction privilégiée</u> dans la conception = Utiliser l'anisotropie aerospace

THEOREM - Les enjeux et retombées

Technique

- Gain de masse de 10 à 20 % des systèmes embarqués.
- Minimisation du nombre d'assemblages

Scientifique

- > Compréhension des phénomènes thermiques tant d'un point de vue résine chargée que du renfort 3D
- > Formulation de résine chargée conductrice thermique
- > Recommandations sur la conception, le design des coffrets et pièces désignées
- Génération d'un savoir-faire utilisable sur d'autres projets de R&D



THEOREM - Les enjeux et retombées

Économie

- Ouverture sur de nouveaux marchés
 - Ferroviaire
 - Électronique mobile (téléphonie, informatique, etc.)
 - Aérospatiale
 - Batteries
- > Renforcement de la compétitivité face à la concurrence internationale
- Création / Maintien d'emplois

Etape suivante (en cours)

Validation de la technologie sur des applications précises de la DGA dans le cadre d'un PEA

