

COMET Thèses

Présentation des travaux de thèses dans les domaines des Matériaux et des Structures

Mardi 07 JUILLET 2026

CONTEXTE et OBJECTIFS

Les **COMET Structures (STR) et Matériaux (MAT)** du CNES vous proposent d'assister à une journée de présentation des travaux de thèses dans les domaines des Matériaux et des Structures.

Cette journée est l'occasion pour les doctorants de venir présenter leurs travaux et d'échanger avec la communauté des COMET.

- Les doctorants de 1ère année seront invités à présenter leur sujet en 10 minutes puis échangeront pendant 5 minutes avec l'assemblée.
- Les doctorants de 2ème et 3ème année exposeront leurs travaux pendant 20 minutes puis échangeront pendant 5 minutes avec l'assemblée.

INSCRIPTION

L'inscription au COMET Thèses 2026 est **obligatoire** et gratuite.

L'événement se tiendra au format hybride, et il vous sera demandé lors de votre inscription de préciser si vous participerez en présentiel au centre CNES de Toulouse ou par visioconférence (lien Teams).

Inscriptions via le lien suivant <https://evenium.events/jn07ctwq/>

Date limite : **10/06/2026**.

INFORMATIONS PRATIQUES

Le séminaire se déroulera au **site CNES de Toulouse**, dans la **Salle LEONARD DE VINCI**. Les accès se feront via l'Entrée NORD, située au **18 Avenue Edouard Belin, 31400, Toulouse**.

Pour la participation par visioconférence, un **lien Teams** vous sera envoyé par email la veille de l'événement, soit le 06 juillet.

PARTICIPATION EN PRESENTIEL : REGLES D'ACCES

Le **CNES** étant une **Zone à Régime Restrictif (ZRR)**, des règles d'accès s'appliquent pour une participation en présentiel :

- **Tous les visiteurs extérieurs** (n'ayant pas de badge CNES) devront transmettre au préalable le numéro de leur CNI ou PASSEPORT (document qui sera présenté à l'accueil CNES lors de votre visite) en cours de validité le jour du COMET, afin que les badges visiteurs soient disponibles à votre arrivée.
- **De plus, pour les visiteurs de nationalité non-européenne** : merci d'envoyer **avant la date limite** d'inscription au COMET une copie de votre **document d'identité en cours de validité au 07/07/2026** (pièce d'identité recto-verso ou passeport à la page de la photo).

Ces copies devront être adressées aux adresses mails spécifiés dans la rubrique [CONTACTS](#).

PLAN D'ACCES

Les accès au **CNES Toulouse** se feront par **l'entrée NORD** :



18 Avenue Edouard Belin
31400 Toulouse
France



Pour rejoindre l'entrée avec les transports en commun, vous pouvez :

- Depuis l'arrêt du métro B « Université Paul Sabatier », prendre le bus L7 (direction « Saint-Orens Piscine ») et descendre à l'arrêt « CNES – IAS » ;
- Depuis l'arrêt du métro B « Ramonville » (terminus), prendre le bus 37 (direction « Jolimont ») et descendre à l'arrêt « CNES – IAS ».

CONTACTS

COMET Structure (STR) : comet-str@cnes.fr

COMET Matériaux (MAT) : comet-mat@cnes.fr

PROGRAMME PREVISIONNEL

Les résumés des différents sujets de thèse sont disponibles en annexe.

Durée	Début	Fin	Titre	Lieu
0 :20	9 :00	9 :20	Accueil des participant « visiteurs » (Extérieurs CNES)	Entrée NORD – CNES CST Soyez à l'heure : il y aura un départ groupé et encadré vers le bâtiment du COMET
0 :30	9 :30	10 :00	Accueil au COMET : tous les participants	Bâtiment Léonard DE VINCI
				Présentateur
0:15	10 :00	10 :15	Introduction de la journée	COMET MAT et STR
Contamination				
0:30	10 :15	10 :45	Metal-Organic Framework/hydrophobic polymer composites for an effective capture of contaminants in the space domain.	Joy EKKA
0:15	10:45	11:00	Etude du dégazage et du dépôt de l'eau sur les systèmes spatiaux.	Félice BONNIN HENIQUE
0:30	11 :00	11 :30	Satellite Materials Outgassing: Impact of Environmental Conditions.	Amal GHODHBANI
0:30	11 :30	12 :00	Morphologie des dépôts de contaminant en environnement spatial.	Aurélie ZAMO
1:30	12:00	13:30	Repas	
Structures				
0 :15	13 :30	13 :45	Renforcement des assemblages vissés dans les matériaux tendres par l'utilisation de filets rapportés.	Louis Mikolajczak
0 :30	13 :45	14 :15	Modélisation de la génération et de la propagation des chocs mécaniques dans les structures spatiales.	Nathan PASCAL
Matériaux				
0 :30	14 :15	14 :45	Healable and weldable poly(dimethylsiloxane) for Enhanced Space Materials.	Mickaël DU FRAYSSEIX (Présentiel à confirmer)
0 :15	14 :45	15 :00	Materials degradation under iodine space plasma.	Yannis BRANCHE
0 :30	15 :00	15 :30	Pause	
0:15	15:30	15:45	Development and study of a laminated composite material incorporating carbon nanotubes for lightweight and damage-tolerant structures.	Ana MOTA DE OLIVEIRA (distanciel)
0:30	15:45	16:15	Etude de l'impression 3D de céramiques techniques par ondes acoustiques.	Cloé BENOIT
0:30	16:15	16:45	Fabrication par fusion sur lit de poudre – faisceau laser (PBF-LB) de multimatériaux métal-céramique à base d'Al–Al ₂ O ₃ destinés aux dispositifs hyperfréquences.	Maria Camila ZAPATA LOPEZ
Fin de la journée				

Le programme peut être amené à évoluer et fera éventuellement l'objet d'une mise à jour.

ANNEXE : RESUMES DES SUJETS DE THESE

10 :15	Metal-Organic Framework/hydrophobic polymer composites for an effective capture of contaminants in the space domain.	Joy EKKA
<p>In the confined and controlled environments of spacecraft habitat, the presence of airborne contaminants poses unique challenges to crew health, equipment longevity and mission success [1]. Among these contaminants, Volatile Organic Compounds (VOCs) such as aromatics (e.g., toluene, siloxanes, and phthalates) are routinely released from payload systems and materials used onboard [2]. Their persistence in enclosed systems with limited ventilation introduces both health and engineering concerns [3]. Hence these VOCs are a critical target due to its toxicity and prevalence in off-gassing sources.</p> <p>This work focuses on capture of toluene using porous Metal-Organic Frameworks (MOFs), specifically DUT-4(Al) and DUT-5(Al), which have demonstrated superior toluene adsorption performance when compared to traditional materials like zeolites and activated carbons [4]. However, these MOFs are too hydrophilic to be applied in space-relevant settings. Our objective is to design MOF-based composites with hydrophobic polymers so as to ensure that these materials can selectively capture contaminants from the space domain in the presence of humidity, conditions encountered during ground and flight tests.</p> <p>To achieve this overall objective, numerical simulations were first deployed to scan a wide range of hydrophobic polymers to identify the optimal MOF-based composites with the desired toluene selective adsorption in presence of humidity. We employed a computational approach that integrates Density Functional Theory, Grand Canonical Monte Carlo, and Molecular Dynamics simulations which allowed us to construct atomistic models for all MOF-based composites and further explore the structural, energetic, and dynamics features of toluene in the overall composites. We identified the most promising MOFs/hydrophobic polymers composites showing (i) the highest MOF/polymer compatibility, (ii) the best toluene adsorption performance and (iii) the fastest toluene transport. These computational findings guided the fabrication of the corresponding composites and their experimental testing.</p> <p>After establishing that polymer selection is a decisive lever for MOF-based composites, the multiscale framework developed here will be transferrable to broader range of VOC capture applications.</p> <p>References</p> <p>[1] Khan -Mayberry, N., James, J. T. & Ty, R. Summary of Symposium (DRAFT) Space Toxicology: Human Health during Space Operations. <i>Int J Toxicol</i> 30, 3–18 (2011).</p> <p>[2] Macatangay Ariel V., P. J. L. Cabin Air Quality on Board 'Mir' and the 'International Space Station'- A Comparison. <i>JOURNAL OF AEROSPACE</i> 116, 417–425 (2007).</p> <p>[3] Mulloth, L. M. & Finn, J. E. Air Quality Systems for Related Enclosed Spaces, 383–404 (Springer Verlag, 2005).</p> <p>[4] Gulcay-Ozcan, E., Iacomi, P., Rioland, G., Maurin, G. & Devautour-Vinot, S. Airborne Toluene Detection Using Metal-Organic Frameworks. <i>ACS Appl Mater Interfaces</i> 14, 53777–53787 (2022).</p>		

10:45	Etude du dégazage et du dépôt de l'eau sur les systèmes spatiaux.	Félice BONNIN HENIQUE
<p>La contamination moléculaire des satellites est une cause importante de dégradation des performances des systèmes spatiaux, et une part significative de ces contaminants est composée de molécules d'eau. En effet, à la suite de changements environnementaux tels que des variations de pression et/ou de température, les molécules peuvent dégazer des matériaux composant le satellite puis se redéposer sous forme de glace. Cela conduit à une dégradation du système et à une perte de performance. Les conséquences peuvent être nombreuses, telles que la modification du coefficient d'absorptivité solaire des surfaces de contrôle thermique, la réduction de la transmission et/ou de la réflexion des optiques, voire même la perte de puissance des panneaux solaires. Diverses techniques sont mises en œuvre pour tenter de limiter ce phénomène, mais sa prédiction reste difficile à maîtriser. Cette étude contribue donc à une meilleure compréhension des phénomènes physiques se produisant lors du dégazage et du dépôt d'eau sur les systèmes spatiaux.</p>		

Pour ce faire, un matériau largement utilisé sur les satellites a été sélectionné : la Multi-Layer Insulation (MLI). Cette « couverture de survie » thermique pourrait représenter un réservoir important pour le stockage des molécules d'eau. Pour l'étudier, la MLI a été délaminée et les différents matériaux qui la composent ont été caractérisés à l'aide d'une gamme de techniques (TGA, DSC, FIB...). Après avoir été caractérisés physiquement et chimiquement, ces matériaux ont été exposés à des conditions environnementales similaires à celles rencontrées par les satellites, tant au sol que dans l'espace, notamment par l'utilisation de la sorption dynamique en phase vapeur (DVS) et de systèmes d'analyse sous vide et à pression atmosphérique.

Les différents résultats obtenus seront ensuite modélisés afin de prédire, de manière aussi réaliste que possible, le comportement du dégazage, de l'absorption, du dépôt et de la réémission d'eau. Grâce à cette approche combinant expérimentation et modélisation, cette étude vise à fournir une meilleure compréhension des mécanismes de contamination par l'eau.

11 :00	Satellite Materials Outgassing: Impact of Environmental Conditions.	Amal GHODHBANI

11 :30	Morphologie des dépôts de contaminant en environnement spatial.	Aurélié ZAMO
<p>Soumis à l'environnement spatial, de nombreux matériaux constitutifs des satellites dégazent des molécules. Celles-ci diffusent jusqu'en surface d'un matériau source (polymère) et évoluent dans l'environnement proche du matériau source. Les molécules peuvent se recondenser sur des surfaces sensibles du satellite (optique, panneau solaire, revêtement du contrôle thermique) et à terme forme des dépôts de contaminants. Cette contamination moléculaire peut entraîner une perte de transmittance des instruments optiques, une diminution des performances des panneaux solaires ou encore une modification des propriétés thermiques des matériaux. Ces travaux de thèse portent sur l'étude de la morphologie des dépôts de contaminants moléculaires, formant des films ou des clusters, afin de mieux comprendre les mécanismes physico-chimiques gouvernant leur formation et leur évolution sur des surfaces représentatives des matériaux spatiaux. L'objectif est d'analyser l'influence des propriétés de surface des matériaux, notamment l'énergie de surface, la rugosité et les hétérogénéités chimiques, sur les phénomènes d'adsorption, de diffusion, et de croissance des dépôts. Des analyses in situ et ex situ réalisées sur différents systèmes contaminant/substrat ont permis de montrer que, sur des surfaces homogènes, la morphologie des dépôts peut être décrite par la théorie du mouillage, tandis que les surfaces hétérogènes induisent des comportements plus complexes liés à la présence de pièges énergétiques locaux. Ces travaux permettront d'améliorer la compréhension et la prédiction des phénomènes de contamination moléculaire dans l'environnement spatial, afin de limiter leurs impacts sur les performances et la durée de vie des satellites.</p>		

13 :30	Renforcement des assemblages vissés dans les matériaux tendres par l'utilisation de filets rapportés.	Louis Mikolajczak
<p>Le renforcement des assemblages vissés dans les matériaux tendres via l'utilisation d'inserts filetés constitue le cadre général de ces travaux. Dans ce contexte, une attention particulière est portée aux filets rapportés, dont le rôle ne se limite pas à la réparation ou à la protection du taraudage support, mais peut également modifier la capacité portante de la liaison. L'objectif est d'identifier dans quelles conditions l'insert permet un réel renforcement mécanique, en analysant son influence sur le transfert des efforts au sein du système vis, insert et support taraudé. Cette problématique est étudiée lors du serrage, ainsi que sous chargements statiques et cycliques. Une approche expérimentale et numérique est développée afin d'évaluer l'effet de la longueur engagée, de la précharge, du matériau et des conditions d'installation sur la tenue mécanique et les modes de rupture de l'assemblage.</p>		

13 :45	Modélisation de la génération et de la propagation des chocs mécaniques dans les structures spatiales.	Nathan PASCAL
<p>Dans le domaine spatial, les chocs mécaniques issus du fonctionnement nominal (séparations, pyrotechnie, déploiement d'appendices) doivent être anticipés pour garantir la tenue des systèmes lors de leurs développements. Les méthodes de modélisation restent aujourd'hui peu utilisées ; les qualifications se font encore essentiellement par essais, avec le risque de sous- ou sur-qualification.</p> <p>Dans un premier temps, la thèse propose une méthode de modélisation de la source de choc sous forme d'une énergie normalisée, calculée à partir du Shock Response Spectrum (SRS) d'un essai de référence, permettant ensuite de prédire les niveaux de chocs injectés pour un spécimen étudié.</p> <p>Dans un second temps, elle réalise une étude comparative des outils de modélisation des sources de choc – FEM implicite, FEM explicite et approche hybride FEM-TSEA – à travers des études paramétriques afin d'identifier leurs capacités, leurs limites et leurs domaines d'application, sur des configurations simples (impact bille-plaque) et complexes (modèle structurel de satellite).</p>		

14 :15	Healable and weldable poly(dimethylsiloxane) for Enhanced Space Materials.	Mickaël DU FRAYSSEIX
<p>The extreme conditions of space environment significantly constrain the performance and lifetime of satellite components, highlighting the need for advanced polymeric materials tailored for space applications. Our previous work has demonstrated that incorporating dynamic imine functions into a poly(dimethylsiloxane) (PDMS) network represents a promising strategy for enhancing the durability of silicone coatings in space environments. In this study, the PDMS networks incorporate urea moieties to favor interfacial adhesion by H bonds and silyl ether linkages to form a covalent network that is dynamic at elevated temperature. A series of PDMS exhibiting different ratios of urea and silyl ether was prepared to yield transparent materials with various healing kinetics and broad mechanical properties. Firstly, the PDMS displayed excellent thermal and mechanical stability across the temperature range encountered in space. In addition, stress relaxation experiments revealed that all materials achieved complete relaxation at high temperature. Beyond their reprocessability, the PDMS elastomers exhibited healability and weldability at elevated temperatures without mechanical solicitation. Finally, simulation of space environment through an accelerated aging under proton irradiation revealed a significant reduction or complete elimination of cracks as compared to a permanently cross-linked PDMS reference, highlighting that dynamic silyl ether chemistry is suitable for the design of lightweight, flexible, and autonomous polymeric materials compatible with harsh space environment conditions.</p>		

14 :45	Materials degradation under iodine space plasma.	Yannis BRANCHE
<p>The use of plasma propulsion on satellites, replacing chemical propulsion, significantly reduces the amount of propellant gas needed for orbit transfer, satellite position and altitude control. However, the ions composing the plasma can interact with materials and ion erosion occurs in several places on a satellite. This process can significantly reduce the spacecraft lifespan. Additionally, the space industry is struggling to find a substitute for xenon in plasma thrusters, as global xenon production is in free fall and the associated costs are rising. Iodine appears to be one of the most promising propellants to replace xenon due to its high availability and low price, its compactness and ease of use in solid form, and its atomistic properties similar to those of xenon. The main concern with this new solution is related to the high chemical reactivity and corrosiveness of iodine, which can interact strongly with and degrade the various surfaces of spacecraft. The aim of this research work is to gain a better understanding of the physicochemical interactions between iodine plasma and material surfaces (metals, ceramics, polymers, or glass), to evaluate erosion rates, the</p>		

nature of species emitted as a result of irradiation, and the effect of iodine plasma on the composition and surface condition of materials. First of all, it will be necessary to optimize the current experimental set-up PICOMAX-Erosion and develop dynamic in situ diagnostic methods (eroded products mass deposition, current and energy measurements of ion beam, emitted species analysis) in order to characterize iodine plasma and erosion processes. The second stage of this work consists of conducting experimental tests in order to observe and characterize the various interaction processes, determine and extract the relevant physical values from these interactions, and analyze them. The third stage involves developing physicochemical models describing the interactions involved.

15:30	Development and study of a laminated composite material incorporating carbon nanotubes for lightweight and damage-tolerant structures.	Ana MOTA DE OLIVEIRA (distanciel)
<p>Composite materials have been widely studied because of their combination of high mechanical strength and low density, which makes them particularly attractive for high-performance structural applications. However, when subjected to severe conditions, particularly cryogenic ones, composites may exhibit limitations linked to their heterogeneity. Differences in thermal expansion coefficients between fibers and matrix induce internal stresses that promote the formation of cracks initiating at fiber/matrix interfaces and propagating within the plies and at the interfaces between plies. The incorporation of nanomaterials has been proposed as a strategy to mitigate these effects, acting as interfacial reinforcement and as a barrier to crack propagation ¹. Among these, carbon nanotubes (CNTs), thanks to their excellent mechanical properties and high aspect ratio ², appear particularly promising, although their role in composites still needs to be better understood. This study examines two routes of incorporating carbon nanotubes (CNTs) into carbon fiberbased composites, in order to assess their impact on mechanical properties. The nanotubes are synthesized using the Catalytic Chemical Vapor Deposition (CCVD) process. In Route 1, the CNTs grow directly onto the carbon fibers on the surface of the strands, which have been pre-coated with a silica-based barrier layer ³, prior to resin impregnation to form the laminated composite. In Route 2, the NTCs are first synthesized on an aluminum substrate ⁴, then transferred by pressing onto pre-impregnated fiber mats. Although the synthesis process is identical, certain VACNT growth parameters, such as temperature and alignment, are adjusted in order to assess their influence on the mechanical properties of the composite. In Route 1, previous studies ⁵ have shown that the temperature of 850°C used during NTC synthesis leads to a deterioration in the mechanical properties of the carbon fibers. Therefore, syntheses at a reduced temperature (615°C) are planned in order to compare mechanical performance. The characterization of NTCs is carried out using scanning electron microscopy (SEM), transmission electron microscopy (TEM), thermogravimetric analysis (TGA), Raman spectroscopy and porosity analysis. Subsequently, carbon fiber/epoxy composites will be developed to compare the two methods of incorporating CNTs in terms of damage mechanisms. To this end, tensile tests assisted by optical microscopy will be carried out to assess the influence of nanotubes on crack initiation and propagation.</p>		
<hr/> <p>¹ Duo Chen et al., « A Review of the Polymer for Cryogenic Application: Methods, Mechanisms and Perspectives », <i>Polymers</i> 13, n o 3 (2021): 320, https://doi.org/10.3390/polym13030320.</p> <p>² Mildred S. Dresselhaus et al., éd., <i>Carbon Nanotubes</i>, vol. 80, <i>Topics in Applied Physics</i> (Springer, 2001), https://doi.org/10.1007/3-540-39947-X.</p> <p>³ M. Delmas et al., « Growth of Long and Aligned Multi-Walled Carbon Nanotubes on Carbon and Metal Substrates », <i>Nanotechnology</i> 23, n o 10 (2012): 10, https://doi.org/10.1088/0957-4484/23/10/105604.</p> <p>⁴ Fabien Nassoy et al., « Single-Step Synthesis of Vertically Aligned Carbon Nanotube Forest on Aluminium Foils », <i>Nanomaterials</i> (Basel) 9, n o 11 (2019): 11, https://doi.org/10.3390/nano9111590.</p> <p>⁵ Adrien Boissenin, « Développement et étude d'un matériau composite laminé intégrant des nanotubes de carbone pour application en réservoirs cryogéniques » (thesis, université Paris-Saclay, 2025), https://theses.fr/2025UPASF107.</p>		

15:45

Etude de l'impression 3D de céramiques techniques par ondes acoustiques.
Cloé BENOIT

Le frittage sélectif par ondes acoustiques (Selective Acoustic Sintering) est un procédé d'impression 3D de céramiques innovant étudié et développé chez AI THRA [1]. La technologie est inspirée de plusieurs procédés, dont le Direct Sound Printing, utilisant les ultrasons pour l'impression 3D de polymères [2], et le Spark Plasma Sintering (SPS), utilisant un procédé de chauffage et de compression uniaxiale dans des éléments en graphite pour le frittage de céramiques [3]. En Selective Acoustic Sintering, un faisceau d'ultrasons à haute puissance est focalisé dans un volume de poudre préchauffé et comprimé, permettant d'augmenter localement la température et la pression pour atteindre les conditions thermodynamiques nécessaires au frittage. Ce faisceau peut être déplacé dans le volume de poudre pour consolider des formes 3D. L'objectif de la technologie est de rendre accessible l'impression 3D de céramiques sans pollution par un liant organique (comme en binder jetting, ou en stéréolithographie), et en une seule étape. Une machine complète a été développée et permet de chauffer une poudre jusqu'à 1100°C et de la comprimer jusqu'à 6 MPa dans un creuset original sans presse hydraulique. Ce dispositif fera l'objet d'un brevet. Le rôle de la compression a été démontré comme déterminant tant pour le frittage que pour la propagation des ultrasons dans la poudre. La zone de focalisation ultrasonore a été caractérisée dans l'eau à l'aide d'un hydrophone (voir figure 1) et sa taille est estimée à 500 μm de diamètre à mi-hauteur, pour une pression acoustique générée de l'ordre de 2 MPa. L'augmentation de température dans la poudre sous l'effet de la focalisation ultrasonore a fait l'objet de premières caractérisations. Un banc d'essais de caractérisation des poudres a été développé pour déterminer la vitesse du son et l'atténuation des poudres, en s'inspirant de la méthode pulser/receveur [4] [5]. Des essais de frittage ont été réalisés sur des poudres micrométriques de dioxyde de titane (voir figure 1), et la machine ainsi que le procédé font l'objet d'améliorations continues afin de permettre de réaliser des premières pièces frittées par Selective Acoustic Sintering.

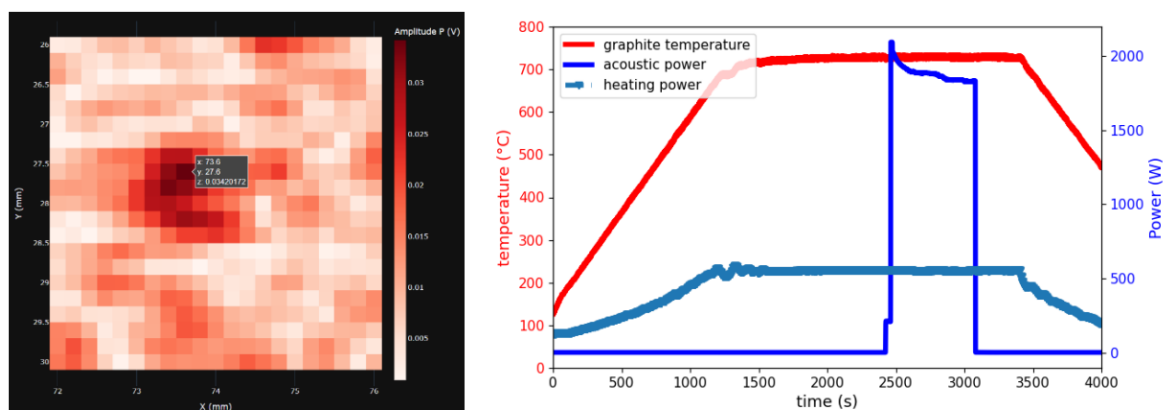


Figure 1: A gauche, cartographie de pression acoustique dans l'eau. A droite, évolution de la température mesurée sur les pièces chauffantes en graphite, de la puissance injectée dans le chauffage, et de la puissance injectée dans l'acoustique pendant un cycle de frittage sur une poudre micrométrique de TiO_2 à 700°C.

16:15

Fabrication par fusion sur lit de poudre – faisceau laser (PBF-LB) de multimatériaux métal-céramique à base d'Al-Al₂O₃ destinés aux dispositifs hyperfréquences.

Maria Camila ZAPATA LOPEZ

La fusion sur lit de poudre par faisceau laser (PBF-LB) est une technologie de fabrication additive de plus en plus utilisée dans l'industrie aéronautique pour produire des composants ergonomiques et fonctionnels. Néanmoins, la fabrication de pièces multimatériaux métal-céramique reste un défi de taille. Dans ce travail, nous présentons un procédé original et innovant de fabrication de pièces par PBF-LB qui combine des zones constituées d'un alliage métallique AlSi12 fondu et des zones céramiques, contenant principalement de l'alumine, dans les trois directions spatiales. Ce procédé utilise un seul bac d'alimentation contenant une poudre d'alliage AlSi12. Les zones céramiques sont obtenues par oxydation in situ, sous l'effet combiné d'une forte élévation de température générée par le laser focalisé et de la pression partielle d'oxygène présente dans la chambre de fabrication.

La combinaison de la fusion et de l'oxydation locale, qui aboutit à l'association de deux matériaux très différents (métal et oxyde), n'entraîne pas de fissuration macroscopique à l'interface métal-céramique (Figure 1). La conductivité électrique du métal et les propriétés diélectriques de la céramique confèrent au produit des applications potentielles dans la fabrication de composants hyperfréquences pour les télécommunications spatiales, ainsi que dans d'autres secteurs technologiques.

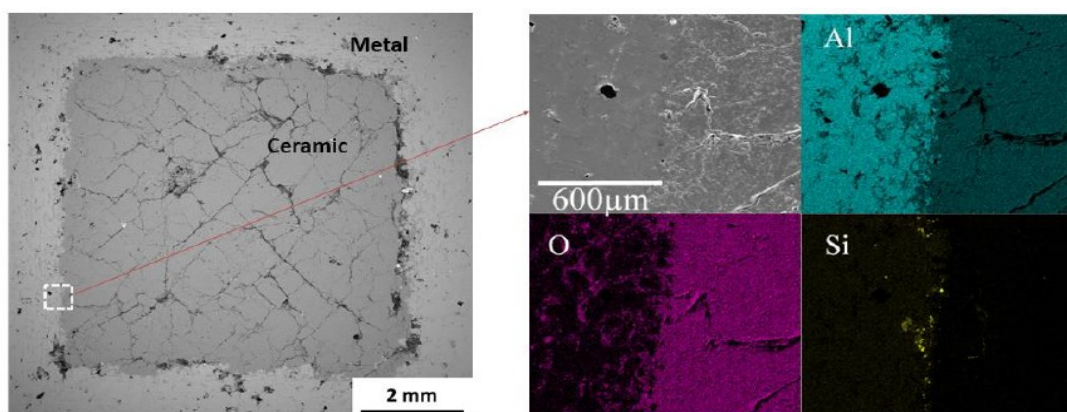


Figure 1 : Image obtenue par microscopie électronique à balayage (MEB-BSE) d'une coupe longitudinale d'une pièce métal-céramique multimatériaux issue d'un échantillon fabriqué par fabrication additive PBF-LB à partir d'une seule poudre d'AlSi₁₂, accompagnée d'une cartographie élémentaire EDX de l'interface métal-céramique.