



DE LA RECHERCHE A L'INDUSTRIE



## GÉNIE DES PROCÉDÉS CÉRAMIQUES, MATÉRIAUX RÉFRACTAIRES ET GÉOPOLYMÈRES

David LAMBERTIN – Expert sénior CEA Marcoule

27 juin 2019

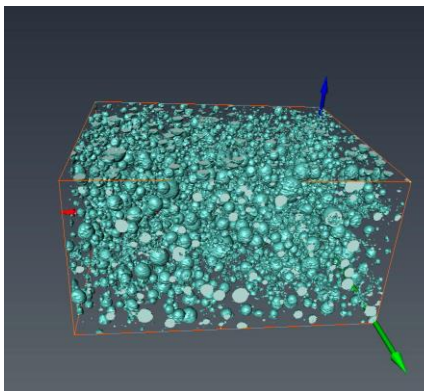
- **Présentation de la grappe de technologies :**
  - Description technique
  - Propriété intellectuelle
  - Niveau de maturité
  
- **Domaines d'applications**
  - Nucléaire
  - Hors nucléaire
  
- **Bénéfices et avantages concurrentiels apportés**
  
- **Offres de services et de partenariat CEA**

## Description des solutions

- Depuis une dizaine d'années, le CEA a développé des compétences spécifiques dans le domaine des céramiques hautes performances, des matériaux réfractaires et les géopolymères à **des fins de de résistance en conditions extrême, de sécurisation des opérations, d'immobilisation des déchets/décontamination**. Par ailleurs, le CEA a développé des compétences spécifiques dans la fabrication, caractérisation et modélisation de composites à **matrice céramique à base de fibres de carbone ou SiC**, capables de résister en environnement extrême tout en conservant une faible densité.
- En parallèle de ces sujets, le CEA s'implique activement dans **le développement d'alliages dits à haute entropie** aidé par des calculs thermodynamiques ainsi que le développement d'alliages plus performants pour l'industrie nucléaire ou aéronautique à l'aide de la métallurgie des poudres
- Enfin, une équipe de recherche spécialisée dans la simulation expérimentale de scénarios accidents graves de réacteurs nucléaires (atmosphère oxydante, vapeur d'eau ou réductrice jusqu'à 2800°C) a collaboré avec le CTTC Limoges pour **développer, qualifier et mettre au point un procédé de fabrication de matériaux ultra-réfractaires à base de dioxyde d'hafnium**.



*Ce procédé utilise une première étape de mélange par voie sèche entre les deux types de poudre permettant le mélange intime de l'ajout stabilisant en faible quantité avec le dioxyde d'hafnium*



*Vue par tomographie X d'un composite géopolymère / organique pour la fabrication de matériaux à changement de phase*

Domaine	Technologie	Brevets	TRL
<b>Matériaux composites à matrice Céramique</b>	Tube multicouche amélioré en matériau composite à matrice céramique, gaine de combustible nucléaire en résultant et procédés de fabrication associés	WO2013017621 A1	4-5
	Procédé pour améliorer la résistance mécanique d'un matériau composite à matrice céramique SiC/SiC	US2014346136	
<b>Matériaux réfractaires à très haute température</b>	Matériau céramique réfractaire à haute température de solidus, son procédé de fabrication et pièce de structure incorporant ledit matériau	06.11175	6
	Procédé de fabrication d'un matériau céramique réfractaire à haute température de solidus	06.11177	7
<b>Géopolymères</b>	Procédé pour préparer un matériau composite à partir d'un liquide organique et matériau ainsi obtenu	WO2014044776	7
	Procédé de préparation d'un géo polymère macroporeux et mésoporeux, à porosité contrôlée	FR3019176	4
	Géopolymère à matériau à changement de phase organique, procédés de préparation et utilisations	WO2018083411	4
	Procédé de fabrication d'une mousse de géopolymère fonctionnalisée	EP3288915	5
<b>Métallurgie des poudres</b>	Principalement du savoir-faire : définition de la composition pour atteindre les caractéristiques souhaitées et des conditions de mise en œuvre, consolidation à partir des poudres, mise en forme		
<b>Alliage haute entropie</b>	Principalement du savoir-faire : définition d'une nuance en fonction des caractéristiques visées à l'aide de calculs thermodynamiques, production et caractérisation des nuances jusqu'à 500 g		

Expertise	Applications Nucléaires	Applications Hors Nucléaire
<b>Géopolymères</b>	Immobilisation de déchets nucléaires et décontamination d'effluents radioactifs	Génie civil : matériaux isolants, résistants au feu, matériau à changement de phase et recyclage de déchets industriels (cendres volantes et laitiers) Matériaux: précurseur de céramiques, mousse macro et méso poreuse Dépollution des eaux par filtration dans une mousse de géopolymère
<b>Matériaux réfractaires hautes températures</b>	Expériences du CEA simulant les conditions accidents graves de réacteur nucléaire (y compris pour Fukushima) avec CORIUM : VERDON, PLINIUS	Four solaire à très haute température (T= 2500°C) pour production d'hydrogène par craquage de l'eau, simulation de conditions extrêmes (qualification matériaux pour le domaine aérospatial par exemple)
<b>Matériaux composites à matrice Céramique</b>		Applications où une forte résistance aux hautes températures et/ou atmosphère corrosive est requise : aéronautique (aube de turbine), énergie (éléments pour des échangeurs thermiques à haute température par exemple)



Expertise	Bénéfices des technologies
<b>Géopolymères</b>	<p>Faible interaction entre certains déchets et le géopolymère (exemple du magnésium et de l'huile) permettant l'immobilisation de déchets radioactifs</p> <p>Diminution de l'impact carbone et valorisation de déchets industriels</p> <p>Préparation de céramiques ou de matériaux poreux avec une technologie type ciment</p>
<b>Matériaux réfractaires hautes températures</b>	<p>Matériaux ultra-réfractaires pouvant être employés à très haute température (2500°C-2800°C) dans des conditions extrêmes (atmosphère oxydante : air, vapeur d'eau)</p>
<b>Matériaux composites à matrice Céramique</b>	<p>Les géométries étudiées au CEA sont principalement axi-symétriques (structures tubulaires) et se distinguent des géométries étudiées dans le milieu industriel</p> <p>Obtention d'étanchéité à haute température et sous haute pression.</p>



- **Concession de licences d'exploitation**
- **Accord de Collaboration pour les développements spécifiques à des domaines non nucléaires : expertise, co-développements, prestation d'ingénierie**
- **Etudes de faisabilité et expertises : analyse amont de la faisabilité de l'utilisation des géopolymères, matériaux composites à matrice céramiques ou matériaux réfractaires, dimensionnement, test et paramétrage, évaluation de l'efficacité du procédé, aide au choix des matériaux**
- **Réalisation de prototype**
- **Formation : ouverture de formations (initiations ou approfondissement) aux industriels (formations théoriques et travaux pratiques)**



DE LA RECHERCHE A L'INDUSTRIE

**Contact :**

David LAMBERTIN

Expert senior CEA

CEA Marcoule DEN

Tél. : 04 66 79 52 29

Email : [david.lambertin@cea.fr](mailto:david.lambertin@cea.fr)

