



Unique pôle de compétitivité dédié aux céramiques et labellisé depuis 2005

Les céramiques techniques

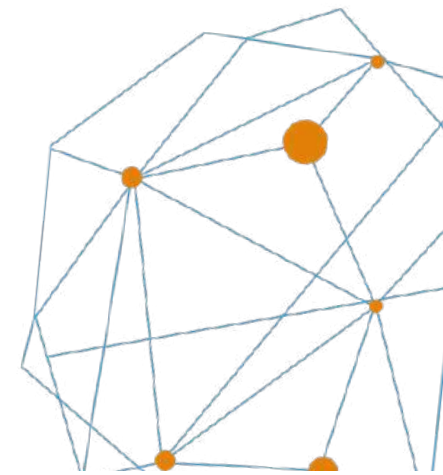
Régis Delsol, CEA Tech Occitanie

Joséphine Morincome, Pôle Européen de la Céramique

27/06/2023 - Cazères



- Généralités sur les céramiques techniques : définition et procédés
- Secteurs d'activités
- La fabrication additive de céramiques – Plateforme 3D CAMP
- Exemple d'hybridation des procédés d'impression 3D et de frittage SPS



Les deux grands types de céramiques

Céramiques Traditionnelles



Brique



Poterie



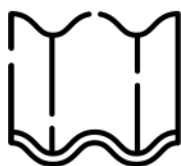
Carrelage



Arts de la
table



Sanitaire

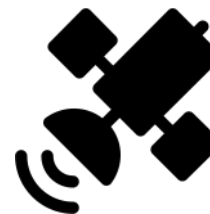


Tuile

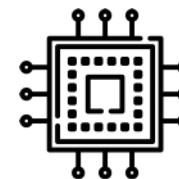
Céramiques Techniques



Matières premières



Spatial



Electronique



Industrie



Dentaire



Energie

Mise en
forme



Voie Liquide

Poudres céramiques + solvant (eau, alcool ...)
=> suspension => Objet

Ex : coulage en moule, coulage en bande, procédé de dépôt par trempage



Teneur en eau

25% à 40%



Voie Plastique

Poudres céramiques + solvant
=> pâte => déformation => Objet

Ex : extrusion, injection



Teneur en eau

15 à 25%



Voie sèche

Poudre céramique => Agglomération sous
contrainte => Objet

Ex : pressage uniaxial



Teneur en eau

< 1 %

Mise en
forme



Séchage et
Déliantage



Voie Liquide



Teneur en eau
25% à 40%



Voie Plastique



Teneur en eau
15 à 25%



Voie sèche



Teneur en eau
< 1 %



L'eau qui s'évapore provoque une perte de masse et une diminution de volume. Il y a deux phases :

1. Le retrait est proportionnel à la masse d'eau éliminée : c'est le départ de **l'eau libre (colloïdale)**
2. L'eau continue de s'évaporer sans retrait de la pâte, celle-ci devient poreuse et le volume des pores correspond au volume d'eau éliminé dans cette phase : c'est le départ de **l'eau d'interposition ou eau liée.**

Mise en
forme



Séchage et
Déliantage



Frittage



Voie Liquide



Teneur en eau
25% à 40%



Voie Plastique



Teneur en eau
15 à 25%



Voie sèche



Teneur en eau
< 1 %



Départ de l'eau de constitution 450°C à 700°C

Mise en forme



Séchage et Déliantage





Frittage





Finition

Voie Liquide





Teneur en eau
25% à 40%

Voie Plastique

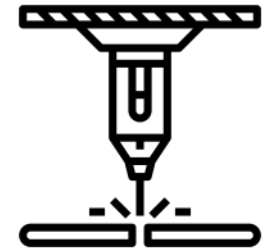


Teneur en eau
15 à 25%

Voie sèche



Teneur en eau
< 1 %



Autres procédés innovants

Brasage : Créer une liaison forte entre une céramique métallisée au préalable et un métal, grâce à un métal d'apport (alliage de brasure) porté à sa température de fusion qui vient mouiller la pièce métallique et la couche métallisée de la céramique.

Fabrication additive :

SLS : Selective Laser Sintering (frittage de poudre), **Binder Jetting (Jet de liant – poudre)**, Robocasting FDM (Extrusion – Liquide/pâte), Stéréolithographie (Photopolymérisation – Liquide/pâte), Ink Jet (Impression directe), Aerosol (Impression directe)

SPS (Spark Plasma Sintering) :

Echauffement du matériau grâce au passage d'un courant de forte intensité au plus près de l'échantillon via le moule en graphite → Avantage de diminuer la durée et les températures de frittage

Traitement de surface : Jet plasma thermique (couche épaisse), HVOF (High Velocity Oxygen Fuel), Cold Spray, Procédé OMA (Micro-Arc), PVD/PACVD (couche mince)

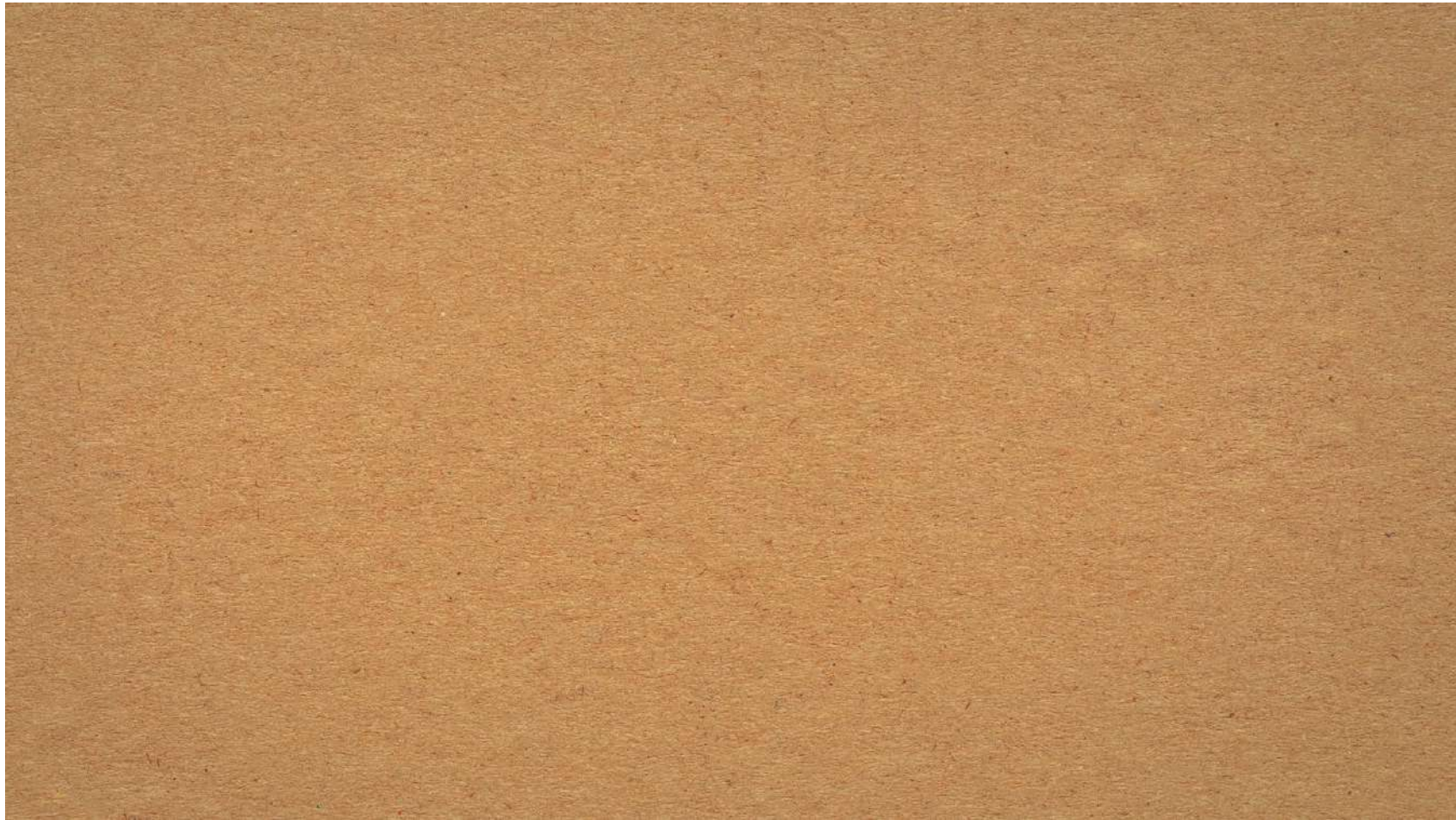




**AÉRONAUTIQUE
& SPATIAL**



DÉFENSE





ÉNERGIE

Matériaux utilisés

ZTA/ATZ	Al_2O_3
ZrO_2	B_4C
$2\text{MgO}-2\text{Al}_2\text{O}_3-5\text{SiO}_2$	



Filtration, céramiques poreuses



Catalyseurs, pots catalytiques



*Capteurs de détection
de gaz polluants*



*Système de valorisation
des chaleurs fatales*



Inertage des déchets nucléaires

Matériaux utilisés

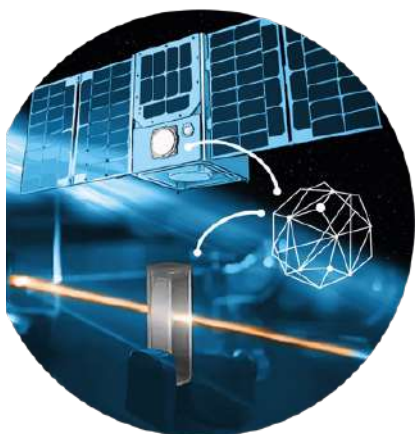
ZTA/ATZ Al_2O_3

ZrO_2 B_4C

SiO_2 AlN

SiC

Vitrocéramiques



**ÉLECTRONIQUE
& PHOTONIQUE**



Isolateurs, Traversées Implantables,
Connecteurs



Boitiers parafoudres



Connecteurs

EXXELIA  GROUP



Composants électroniques



Boitier hermétique

Matériaux utilisés

ZTA/ATZ Al_2O_3

ZrO₂

Hydroxyapatite

Vitrocéramiques



SANTÉ

Bodycote



Prothèse de hanche



Traversées implantables



Reconstruction du Ligament Croisé Antérieur

ISO 9001
i.CERAM



Implants crâniens biocéramiques sur mesure

La propriété des céramiques recherchées dans ce domaine

=> Biocompatibilité

Matériaux utilisés

ZTA/ATZ Al_2O_3
ZrO₂ Porcelaine
SiC

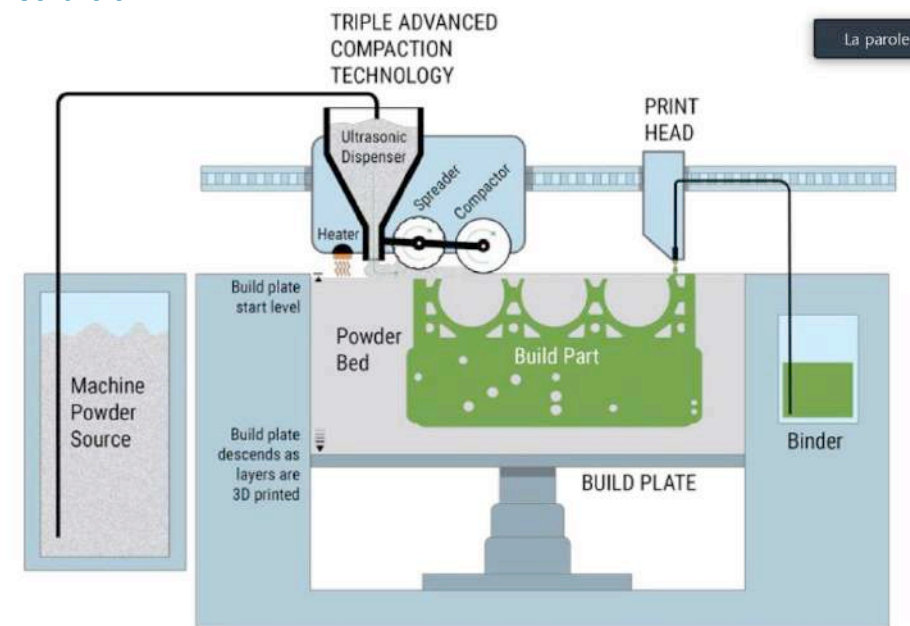


BERNARDAUD



**LUXE, CRÉATION
& MÉTIERS D'ART**

La fabrication additive des céramiques Plateforme 3DCAMP



Lionel PRESMANES¹, Régis DELSOL², Yohann THIMONT¹, Philippe SAYERSE², Lucile MAGE²

¹CIRIMAT, Université de Toulouse, CNRS, Université Toulouse 3 -Paul Sabatier, 118 Route de Narbonne, 31062 Toulouse cedex 9, France

²CEA, 51 Rue de l'Innovation, 31670 Labège

Conception des pièces



Fabrication des pièces



Caractérisation mécanique
et dimensionnelle

Simulation et CAO

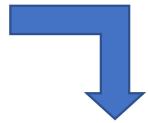
**impression 3D par
jet de liant**

Traitements thermiques

Tests et caractérisations



Poudres




Innovent+ cuve 0,7l

25Pro cuve 25l



Frittage 2000°C
Ar/N2/N2H2-

Frittage 1750
Sous atm



Déliantage



Frittage
Air 1750°C



Enceintes, VRT, climatique,
à choc thermique



Banc flexion
/traction



Scanner 3D

CIRIMAT
Toulouse



Microduromètre



Traction



Abrasimètre



Matériau imprimé

Exemples de céramiques obtenues par fabrication additive



Boîtiers et substrats
céramiques (AlN , Al_2O_3) pour
l'électronique



Céramiques oxydes: moules et
diffuseurs



Carbure de tungstène et
carbure de silicium pour
l'industrie



Matériaux recyclés



Biomatériaux

L'hybridation des procédés d'impression 3D et de frittage SPS – Labo commun Ceramlab



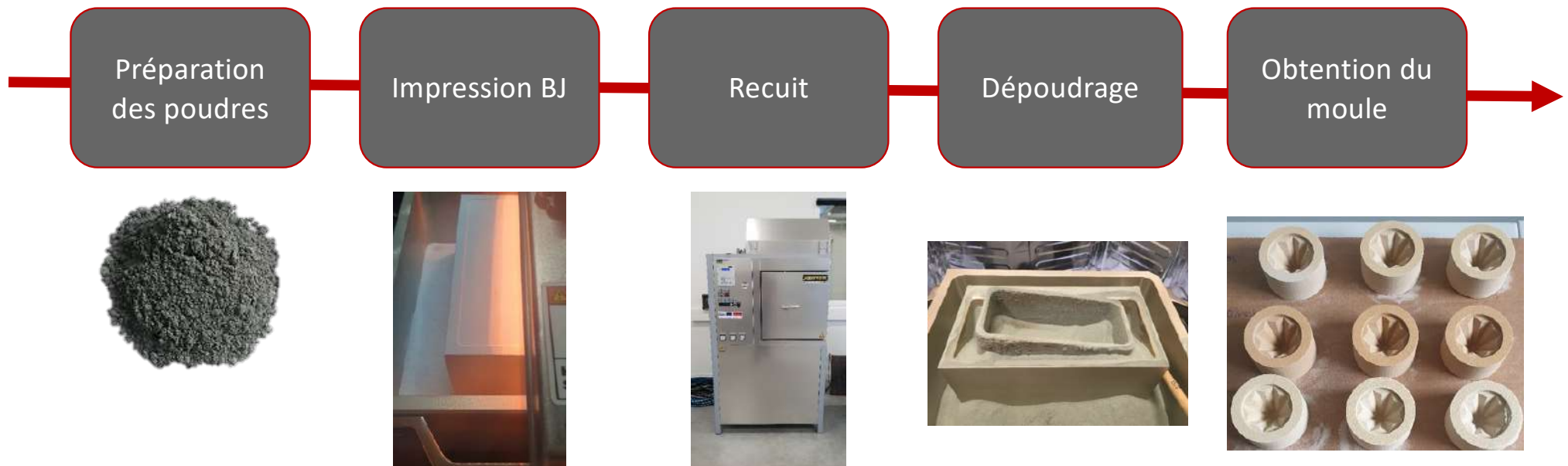
Marie BEAUJARD¹, Mathieu BOIDOT², Lucile MAGE¹, Yannick BEYNET³, Romain EPPERRE³, Arnaud FREGEAC³

1 : CEA, CEA Tech Occitanie, 51 rue de l'innovation, 31670, Labège, France

2 : CEA, LITEN, 17 Rue des Martyrs, F-38054, Grenoble, France

3 : NORIMAT, 51 Rue de l'Innovation, 31670, Labège, France

Fabriquer un moule en 3D – Impression Binder Jetting



Fabriquer un moule en 3D



Elargir gamme
d'utilisation des moules
→ **Développement
matériaux réfractaires
et composites**

Procédé 3D
industrialisable
→ **Binder Jetting**

Mettre en forme une pièce complexe



Frittage SPS

Moule
+
pièce complexe

Récupérer la pièce complexe



Retirer les pièces
complexes du moule
→ **Décochage chimique en autoclave**

Plusieurs matériaux de moules développés



**Analyse et contrôle
statistiques** sur les procédés 3D
et SPS

Pièces complexes décochées avec succès



NOUS CONTACTER ?



Joséphine MORINCOME

Chargée de mission Occitanie



Régis DELSOL

Ingénieur de Recherche CEA TECH Occitanie



E-MAIL

josephine.morincome@cerameurop.com

regis.delsol@cea.fr



ADRESSE

CEA Tech Occitanie, 51 Rue de l'Innovation
31670 Labège France

