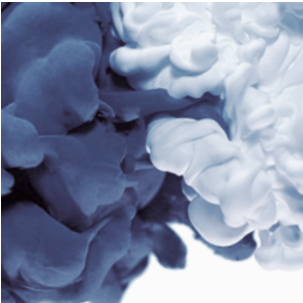




Baikowski[®]



Solution partner for
FINE MINERALS

**MATÉRIAUX
INNOVANTS POUR
CMC OX/OX**

ALUMINE & MULLITE ULTRA PURES

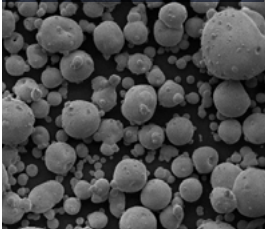
POUDRE



SUSPENSION



POUDRE
ATOMISÉE



Les CMC (Composites à Matrice Céramique) combinent **les propriétés réfractaires des céramiques et la pseudo-plasticité des composites**.

Parmi les composites, ceux à matrice céramique Ox/Ox possèdent des propriétés inoxydables, ainsi que des résistances thermiques et mécaniques adaptées aux contraintes et exigences du secteur énergétique, aérospatial et de la défense.

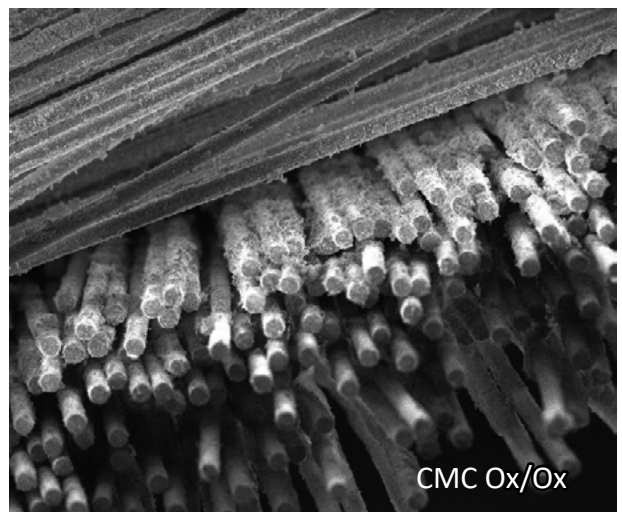
En effet, leur contribution à **la performance des matériaux et à l'allègement des structures** ont permis une réduction significative des consommations énergétiques. À titre d'exemple, la part des CMC est passée de 10% pour un A320 à plus de 50% pour un A380.

- 1- Les différents type de composites
- 2- Les domaines d'apllcation des CMC Ox/Ox
- 3- Les procédés de fabrication
- 4- Comment formuler une suspension pour une CMC de qualité ?
- 5- Nos poudres & suspensions prêtes à l'emploi pour CMC
- 6- Customisation
- 7- Publications scientifiques

Qu'est ce qu'une matrice performante & comment formuler une suspension pour CMC Ox/Ox de bonne qualité ?

1. Les différents types de Composites

- > Les composites sont constitués d'une **matrice et de fibres**.
- > Parmi les différentes matrices que l'on trouve, il y a les :
 - Matrices polymères
 - Matrices métalliques à base d'aluminium, de nickel ou encore de titane
 - Matrices céramiques en **carbone, carbure de silicium, alumine, mullite, ZTA ou zircon** que nous allons développer ci-dessous.
- > Le choix des fibres est fonction de l'environnement, des températures d'utilisation, et des caractéristiques recherchées. Le choix du duo matrice/fibre permettra de conférer au composite des performances optimales.



	TYPE de CMC			
	Carbone/ Carbone	Carbone/SiC	SiC/SiC	Ox/Ox
Fibre	Carbone	Carbone	SiC	Alumine, Mullite Quartz
Résistance en traction des fibres (GPa)	4-7	4	2,7	3 (Al ₂ O ₃) 2 (Mullite) 1,5 (Quartz)
Coût des fibres (€/kg)	20-50	20-50	1000 - 20000	600 - 800
Densité (g.cm-3)	1,4 - 1,7	1,8 - 2,8	2,3 -2,9	2,1 - 2,8
Environnement d'utilisation	Pas d'utilisation en atmosphère oxydante	Protection nécessaire si utilisé en atmosphère oxydante		Presque insensible à l'oxydation
Résistance au fluage	++++	+++	+++	+ (alumine) ++ (mullite)
Temperature de service max (°C)	2000 - 2100	1350 -2100	1100 - 1600	900 - 1300

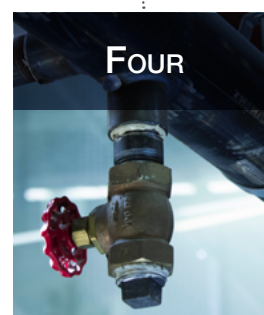
➤ D'une manière générale, **les CMC sont chimiquement très stables et disposent d'excellentes propriétés structurales, thermiques et mécaniques**. Les CMC Ox/Ox présentent l'avantage d'une quasi-insensibilité à l'oxydation et de bonnes propriétés mécaniques pour des températures de service maximales comprises entre 900 et 1300 °C.

D'un point de vue application, de nombreux bénéfices peuvent être cités, comme par exemple dans l'aviation, la diminution du poids et l'amélioration de la consommation spécifique des systèmes d'échappement.

2. Les domaines d'application des CMC Ox/Ox



- Tubes hybrides pour transport de vapeur haute pression
- Composants pour turbines à gaz fixes
- Boucliers thermiques
- Têtes de missile
- Composants pour réacteur (mélangeur de gaz, cône d'échappement, chemise de réacteur, aube)



- Brûleurs
- Portes de four
- Racks pour traitement des métaux
- Vannes gaz
- Ecrans de protection thermique



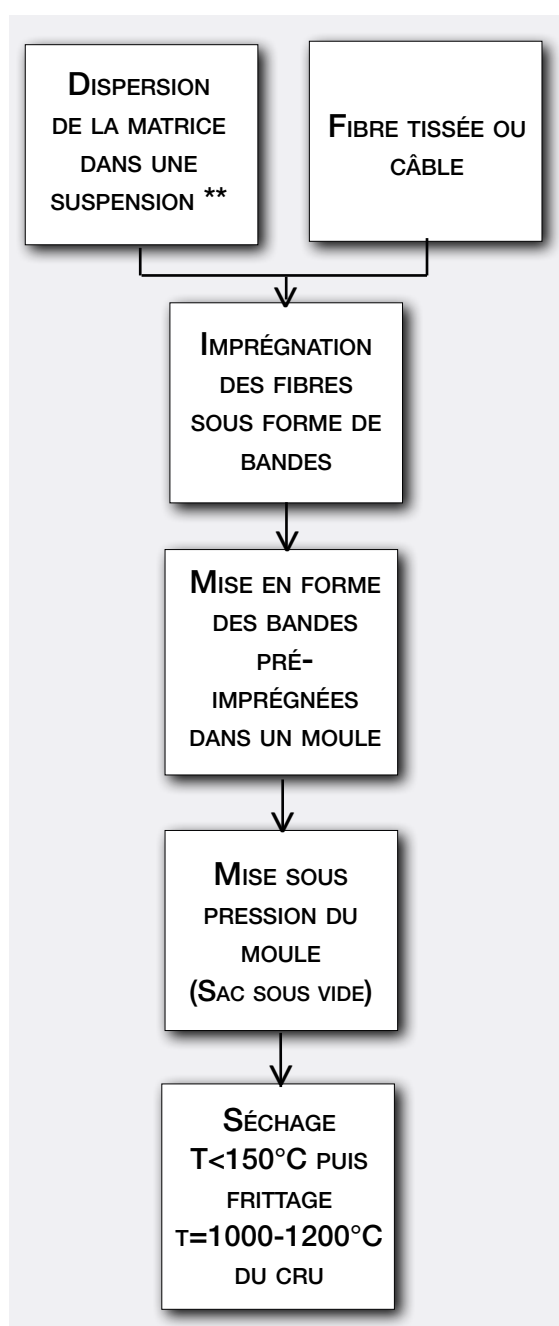
3. Les procédés de fabrication

> Il existe plusieurs méthodes de fabrication des CMC dont les plus répandues sont **la pré-imprégnation** et **l'infiltration sous pression**.

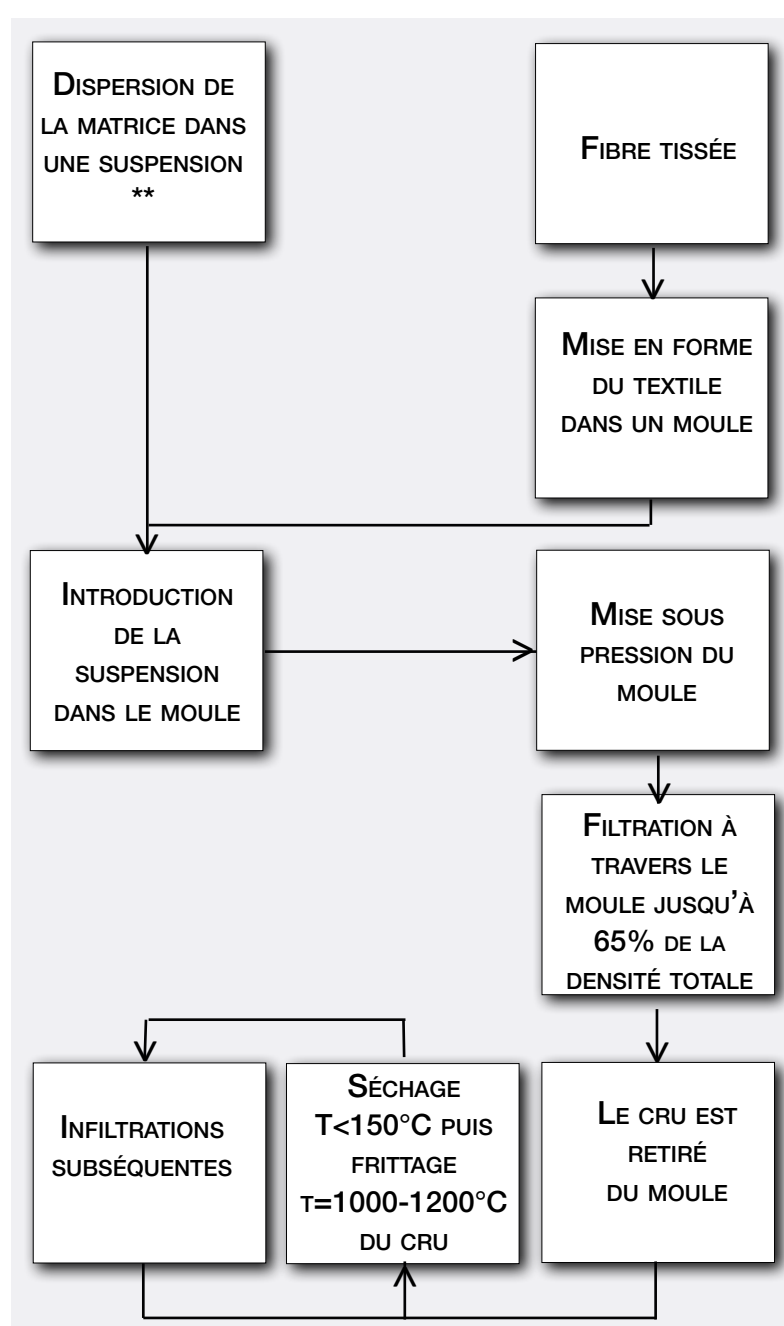
Dans tous les cas, la fabrication est réalisée à partir de suspensions dont les propriétés devront être adaptées aux procédés (rhéologie, taux de charge etc...). **

> Le traitement thermique des CMC ne peut pas se faire à des températures usuelles de frittage des céramiques, car les fibres se dégradent à plus de 1000/1200°C. La matrice doit alors pouvoir se consolider et être suffisamment cohésive à ces températures.

PRÉ-IMPREGNATION



INFILTRATION SOUS PRESSION



4. Comment formuler une suspension pour une matrice de qualité ?

> Le prérequis est **la stabilité de la suspension**, qui se manifeste par une faible interaction entre les particules, et que l'on évalue chez Baikowski® par des mesures de potentiel Zêta.

> Cette stabilité s'obtient par l'ajout d'un **dispersant** dont le choix diffère selon le pH et la répulsion (ionique ou stérique) visés.

> Afin de s'assurer qu'elle perdure dans le temps, des analyses rhéologiques sont régulièrement effectuées. Ces différents contrôles de viscosité nous permettent ainsi de caractériser le vieillissement de nos suspensions et d'offrir à nos clients des produits prêts à l'emploi avec **une bonne processabilité**.

LES PARAMÈTRES CLÉS

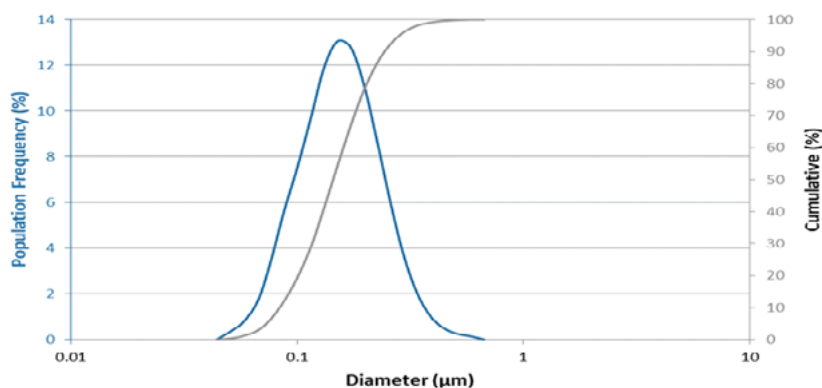
- Des particules <1 µm
- Une viscosité contrôlée
- La stabilité de la suspension (compatibilité avec les additifs, notamment les liants /pH/ vieillissement)
- Une température de densification la plus faible possible compte tenu des faibles températures du procédé
- Une porosité contrôlée pour de bonnes performances mécaniques

5. Nos poudres & suspensions prêtes à l'emploi pour CMC

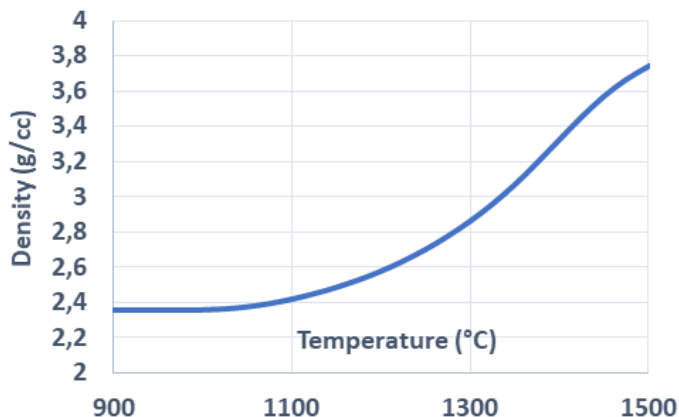
> SM8 (Al₂O₃)

Notre alumine SM8 offre pour l'application CMC une répartition granulométrique monodisperse et une bonne densité à cru.

- 100% alpha
- Alumine ultra pure (4N)
- Distribution granulométrique contrôlée
 $d_{50} \approx 0.12 \mu\text{m}$
- Surface spécifique $\approx 10 \text{m}^2/\text{g}$



- Bonne densité à cru (60%) avec des fines particules
- 80% de densification obtenue à 1400°C
- 90% de densification obtenue à 1450°C
- 97% à 1550°C



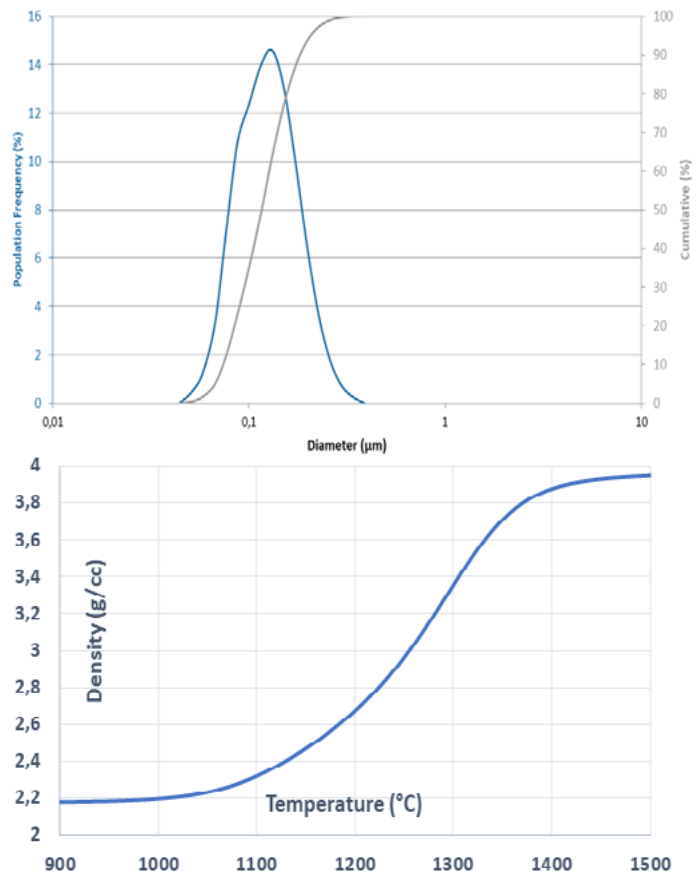
> BA15-PSS (suspension d' Al_2O_3)

Cette suspension d' α fine prête à l'emploi offre une taille de particules très contrôlée et une réactivité au frittage élevée.

- 100% α
- Haute pureté chimique (4N)
- Distribution granulométrique contrôlée
 $d_{50} \approx 0.11\mu\text{m}$
- SSA $\approx 17\text{m}^2/\text{g}$
- Taux de charge: jusqu'à 65 wt% at pH=9
- Viscosité faible : 0.13 Pa.s at 10 s⁻¹

Notre suspension BA15-PSS permet d'obtenir une très bonne imprégnation des fibres

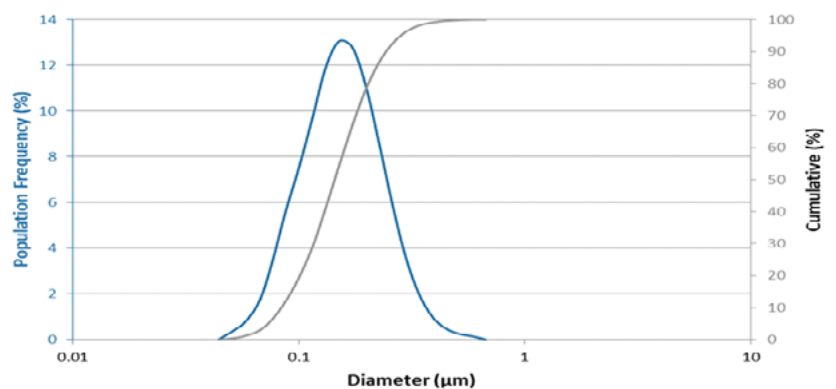
- 80% de densification obtenue à 1300°C
- 97% à 1400°C



> Mullite ($3\text{Al}_2\text{O}_3\text{-}2\text{SiO}_2$)

Cette mullite submicronique de grande pureté a été développée pour offrir une bonne affinité avec les fibres mullites.

- 100% mullite
- Haute pureté chimique
- Distribution granulométrique contrôlée
 $d_{50} \approx < 0.2\mu\text{m}$
- Surface spécifique $\approx 35\text{m}^2/\text{g}$
- Suspensions ou granules atomisés disponibles



6. Customisation

> Ajustement du **dopage et de la composition chimique** :

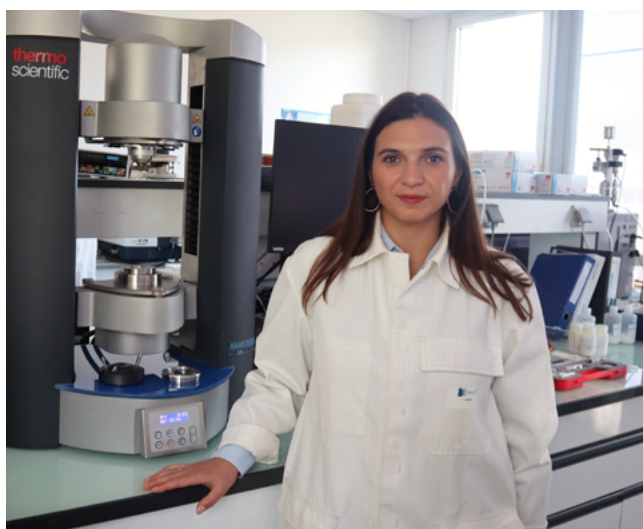
- Haute pureté
 - Ajout d'additifs de frittage
 - Addition de nano
 - Mélanges (Alumine et Zircone par exemple)
- cette mullite submicronique de grande pureté

> Nos produits peuvent être **customisés** :

- Contrôle de la répartition granulométrique et de la SSA
- Granules atomisés sans liants (facilité de manipulation des poudres submicroniques)
- Suspensions concentrées (taux de charge jusqu'à 65wt%)
- Poudres fonctionnalisées pour l'utilisation de solvants organiques

PRODUCT DESIGN

> [Contactez-nous](#) pour vos besoins CMC, nous développerons ensemble le produit le plus adapté à votre procédé et à vos exigences.



Découvrez toutes nos [solutions pour vos applications CMC](#)

7. Publications scientifiques

> Enhancing thermal stability of oxide ceramic matrix composites via matrix doping / Février 2022
Renato S.M. Almeida, H. Farhandi, K. Tushtev, K. Rezwan
Produit Baikowski® : **BA15**

> Voir plus de [publications scientifiques](#).



Baikowski 



Your solution partner for fine minerals



Baikowski® 

Baikowski® SA

France | Poisy | ☎ +33 4 50 22 69 02

Mathym® SAS

France | Lyon | ☎ +33 4 78 83 72 93

Baikowski® Malakoff Inc.

USA | Malakoff (TX) | ☎ +1 903-489-1910

Baikowski® International Corp.

USA | Charlotte (NC) | ☎ +1 704-587-7100

www.baikowski.com

sales@baikowski.com



Follow us:



Sales Representative in China

China | Shanghai | ☎ +86 21.6289.2883

Baikowski® Korea Co, Ltd.

Korea | Seoul | ☎ +82 255.281.97

Baikowski® Japan Co, Ltd.

Japan | Chiba | ☎ +81 474.73.8150