

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international

(43) Date de la publication internationale
29 juin 2023 (29.06.2023)



(10) Numéro de publication internationale
WO 2023/118765 A1

(51) Classification internationale des brevets :
C04B 41/87 (2006.01) C04B 41/89 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2022/052493

(22) Date de dépôt international :
23 décembre 2022 (23.12.2022)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
FR2114401 23 décembre 2021 (23.12.2021) FR

(71) Déposant : SAINT-GOBAIN CENTRE DE RE-
CHERCHE ET D'ETUDES EUROPEEN [FR/FR] ;
SAINT-GOBAIN C.R.E.E., Tour Saint-Gobain, 12 place de
l'Iris, 92400 COURBEVOIE (FR).

(72) Inventeurs : VILLERMAUX, Franceline, Marguerite,
Louise ; C/O SAINT-GOBAIN CENTRE DE RECHER-
CHES ET D'ETUDES EUROPEEN, 550 avenue Alphonse
Jauffret - CS 20224, 84306 CAVAILLON CEDEX (FR).
IONICA BOUSQUET, Costana, Mihaela ; C/O SAINT-
GOBAIN CENTRE DE RECHERCHES ET D'ETUDES
EUROPEEN, 550 avenue Alphonse Jauffret - CS 20224,
84306 CAVAILLON CEDEX (FR). NONNET, Emma-
nuel ; C/O SAINT-GOBAIN CENTRE DE RECHER-
CHES ET D'ETUDES EUROPEEN, 550 avenue Alphonse
Jauffret - CS 20224, 84306 CAVAILLON CEDEX (FR).

(74) Mandataire : SAINT-GOBAIN RECHERCHE ; 39,
Quai Lucien Lefranc, 93300 AUBERVILLIERS (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de
protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO,
AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA,
CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,

(54) Title: CONTAINER MADE OF A COATED CERAMIC MATRIX COMPOSITE

(54) Titre : CONTENEUR EN UN COMPOSITE À MATRICE CÉRAMIQUE REVÊTU

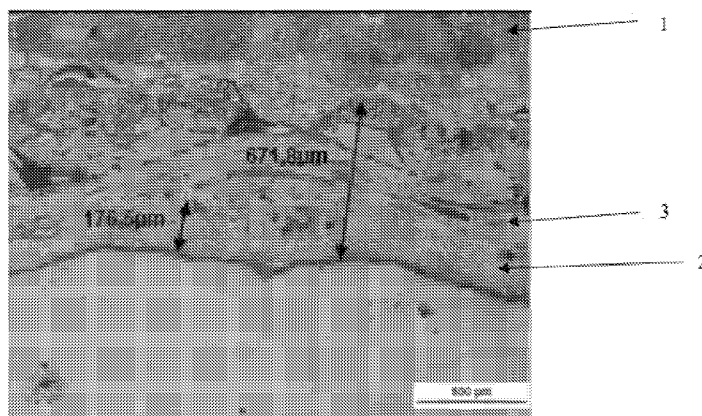


Fig. 1

(57) Abstract: The present invention relates to a container made of a ceramic matrix composite, the surface of the inner walls of said container being at least partially covered, preferably for more than 80%, of a coating having at least one layer comprising a crystallized oxide containing at least the elements Li and Al or a precursor of said crystallized oxide.

(57) Abrégé : La présente invention concerne un conteneur en un composite à matrice céramique, la surface des parois intérieures dudit conteneur étant recouverte au moins partiellement, de préférence pour plus de 80%, d'un revêtement comportant au moins une couche comportant un oxyde cristallisé comportant au moins les éléments Li et Al ou un précurseur dudit oxyde cristallisé.

[Suite sur la page suivante]

DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée:

- avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues (règle 48.2(h))

Conteneur en un composite à matrice céramique revêtu

5 Domaine technique

La présente invention se rapporte à un conteneur en un composite à matrice céramique, ou CMC, dont la surface des parois intérieures est recouverte au moins partiellement, de préférence pour plus de 80%, d'un revêtement comportant au moins une couche comportant un oxyde cristallisé comportant au moins les éléments Li et Al, et à l'utilisation dudit conteneur
10 pour la fabrication d'une poudre d'oxydes comportant du lithium, en particulier un oxyde d'un métal ou de plusieurs métaux de transition lithiés.

Technique antérieure

Les besoins en batteries lithium-ion sont en constante augmentation. Un bon nombre d'entre
15 elles comportent une partie, en général la cathode, en un oxyde comportant du lithium, notamment un oxyde d'un métal ou de plusieurs métaux de transition lithiés, en particulier LiFePO_4 (ou LPF), LiMn_2O_4 (ou LMO), ou un oxyde de lithium- nickel-cobalt-manganèse (ou Li-NMC).

La cathode est en général fabriquée par mise en forme d'une poudre dudit oxyde d'un métal
20 ou de plusieurs métaux de transition lithiés.

Parmi les procédés classiques de fabrication desdites poudres, on trouve la réalisation d'un mélange d'oxydes et/ou de différents précurseurs d'oxydes, suivi d'un traitement thermique permettant de réaliser une synthèse en phase solide de l'oxyde d'un métal ou de plusieurs métaux de transition lithiés. Lors dudit traitement thermique, le mélange est disposé dans un
25 conteneur, généralement appelé « sagger » en anglais. Les conditions de synthèse desdites poudres, ainsi que ledit mélange, en particulier les éléments contenant le lithium, sont particulièrement sollicitants pour le conteneur.

Il existe un besoin pour augmenter la durée de vie desdits conteneurs.

Un but de l'invention est de répondre, au moins partiellement, à ce besoin.

30 Exposé de l'invention

Selon l'invention, on atteint ce but au moyen d'un conteneur en un composite à matrice céramique, ou CMC, la surface des parois intérieures dudit conteneur étant recouverte au moins partiellement, de préférence pour plus de 80%, et de préférence encore sur la totalité desdites parois intérieures, d'un revêtement comportant au moins une couche comportant un
35 oxyde cristallisé comportant au moins les éléments Li et Al, ou un précurseur dudit oxyde cristallisé.

Les inventeurs ont découvert que le conteneur selon invention présentait une dégradation plus faible lors de son utilisation, ce qui autorise une durée de vie plus importante, et notamment un nombre plus important de cycles de fabrication de poudre d'oxyde d'un métal ou de plusieurs métaux de transition lithiés.

5 Selon des modes de réalisation préférés mais non limitatifs de la présente invention, qui peuvent, le cas échéant, être combinés entre eux :

- ledit oxyde cristallisé comporte également l'élément Si ;
- ledit oxyde cristallisé est choisi parmi LiAlO_2 , $\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$, $\text{Li}_3\text{AlSiO}_5$, $\text{LiAlSi}_4\text{O}_{10}$, LiAlSiO_4 et leurs mélanges ; en particulier $\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$, $\text{Li}_3\text{AlSiO}_5$, $\text{LiAlSi}_4\text{O}_{10}$, LiAlSiO_4 et leurs
10 mélanges ;
- les fibres céramiques du composite à matrice céramique, éventuellement assemblées sous forme de fils simples et/ou assemblés, sont choisies parmi les fibres comportant plus de 95% en masse, et de préférence sont constitués essentiellement, d'oxydes, de carbures, de nitrures, de carbone et leurs mélanges ;
- 15 - les fibres céramiques du composite à matrice céramique, éventuellement assemblées sous forme de fils simples et/ou assemblés, sont choisies parmi les fibres :
 - comportant plus de 95% en masse d'oxydes, de préférence constitués essentiellement d'oxydes, et présentant une analyse chimique telle que $\text{SiO}_2 > 70\%$, en pourcentage en masse sur la base des oxydes,
 - 20 - comportant plus de 95% en masse d'oxydes, de préférence constitués essentiellement d'oxydes, et présentant une analyse chimique telle que $45\% < \text{SiO}_2 < 80\%$, et de l'oxyde de fer, exprimé sous la forme Fe_2O_3 en une quantité telle que $1\% < \text{Fe}_2\text{O}_3 < 20\%$ et $5\% < \text{Al}_2\text{O}_3 < 25\%$, en pourcentage en masse sur la base des oxydes,
 - 25 - comportant plus de 95% en masse d'oxydes, de préférence constitués essentiellement d'oxydes, et présentant une analyse chimique telle que $\text{Al}_2\text{O}_3 > 65\%$, en pourcentage en masse sur la base des oxydes,
 - comportant plus de 95% en masse de carbure de silicium, de préférence constitués essentiellement de carbure de silicium,
 - 30 - comportant plus de 95% en masse de carbone, de préférence constitués essentiellement de carbone,
 - et leurs mélanges ;
 - les fibres céramiques du composite à matrice céramique, éventuellement assemblées sous forme de fils simples et/ou assemblés, sont choisies parmi les fibres composées
35 pour plus de 95% en masse d'alumine, les fibres composées pour plus de 95% en masse de silice, les fibres composées pour plus de 95% en masse de mullite, les fibres composées pour plus de 95% en masse de mullite et de corindon, les fibres

composées pour plus de 90% en masse de basalte, les fibres composées pour plus de 95% en masse de verre, les fibres composées pour plus de 95% en masse de carbure de silicium, les fibres composées pour plus de 95% en masse de carbone, et leurs mélanges ;

- 5 - la matrice du composite à matrice céramique est choisie parmi une matrice comportant plus de 95% en masse d'oxydes, de carbures, de nitrures, de sialons et leurs mélanges et notamment d'une matrice constituée essentiellement d'oxydes, de carbures, de nitrures, de sialons et leurs mélanges ;
- la matrice du composite à matrice céramique est choisie parmi une matrice
 - 10 - comportant plus de 95% en masse d'oxydes et présentant une analyse chimique telle que $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2 + \text{HfO}_2 + \text{MgO} > 70\%$ en pourcentage en masse sur la base des oxydes,
 - comportant plus de 95% en masse d'oxydes et présentant une analyse chimique telle que $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 > 70\%$ en pourcentage en masse sur la base des oxydes,
 - 15 - comportant plus de 95% en masse d'oxydes et présentant une analyse chimique telle que $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2 + \text{HfO}_2 > 70\%$ en pourcentage en masse sur la base des oxydes,
 - comportant plus de 95% en masse d'oxydes et présentant une analyse chimique telle que $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO} > 70\%$ en pourcentage en masse sur la base des oxydes,
 - 20 - comportant plus de 90% en masse de $\text{SiC} + \text{Si}_3\text{N}_4 + \text{SiAlON}$;
- le revêtement comporte au moins une couche comportant un oxyde cristallisé comportant au moins les éléments Li, Al et Si ;
- le revêtement est constitué pour plus de 15% en masse d'un ou de plusieurs oxydes cristallisés comportant au moins les éléments Li et Al ;
- 25 - le revêtement contient un précurseur d'au moins un oxyde cristallisé comportant au moins les éléments Li et Al, de préférence choisi parmi une bayérite lithiée, Li_4SiO_4 et leurs mélanges ;
- le revêtement présente la composition chimique suivante, en pourcentage en masse sur la base des oxydes :
 - 30 - $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Li}_2\text{O} > 50\%$, et
 - $\text{Li}_2\text{O} : > 0,5\%$ et $< 30\%$, et/ou
 - $\text{Al}_2\text{O}_3 : > 2\%$ et $< 80\%$, et/ou
 - $\text{SiO}_2 : < 5\%$, ou $10\% < \text{SiO}_2 < 80\%$;
- 35 - le revêtement est constitué pour plus de 90% en masse d'oxydes ;
- le revêtement présente une épaisseur supérieure à 50 μm et/ou inférieure à 2000 μm ;
- la surface des parois intérieures est recouverte pour plus de 99% dudit revêtement ;

- le conteneur comporte un fond et au moins un côté.

L'invention concerne aussi l'utilisation dudit conteneur pour la fabrication d'une poudre d'oxyde comportant du lithium, en particulier un oxyde d'un métal ou de plusieurs métaux de transition lithiés.

5

Définitions

- Par « Composite à Matrice Céramique », ou « CMC », on entend classiquement un produit composé de fibres céramiques liées rigidement entre elles par une matrice céramique.
- Par « céramique », on entend un produit qui n'est ni métallique, ni organique. Dans le
10 cadre de la présente invention, un verre d'oxydes et un matériau comprenant ou constitué par du carbone sont considérés comme des produits céramiques.
- Par « revêtement », on entend une ou plusieurs couches de matériau(x) de nature différente du support en CMC. Au moins une desdites couches, notamment la couche comportant un oxyde cristallisé comportant au moins les éléments Li et Al, peut être le
15 résultat, en particulier après élévation de la température, de la réaction du support en CMC et d'un dépôt à la surface dudit CMC.
- Par « précurseur » d'un oxyde cristallisé, on entend un ou plusieurs matériaux, qui vont conduire après traitement thermique, de préférence sous air, à une température supérieure à 400°C, en particulier lors de la première utilisation du conteneur selon
20 l'invention, éventuellement en combinaison avec un ou plusieurs éléments du CMC, audit oxyde cristallisé.
- Une « fibre » est un filament dont la longueur est supérieure à 5 fois son diamètre équivalent.
- Le « diamètre équivalent » d'une fibre est le diamètre d'un disque de même surface que
25 sa section transversale à mi-longueur.
- Un « fil simple » est un assemblage de fibres qui, en section transversale, comporte plus de 10 et de préférence moins de 500 000 fibres, et dont la longueur est supérieure à 5 fois le diamètre.
- Un « fil assemblé » est un assemblage de fils.
- Un « sialon », SiAlON, est un composé d'oxynitride d'au moins les éléments Si, Al et N, en particulier d'un composé respectant l'une des formules suivantes :
 - $\text{Si}_x\text{Al}_y\text{O}_u\text{N}_v$, dans laquelle :
 - x est supérieur ou égal à 0, supérieur à 0,05, supérieur à 0,1 ou supérieur à 0,2, et inférieur ou égal à 1, inférieur ou égal à 0,8 ou inférieur ou égal à 0,4,
 - y est supérieur ou égal à 0, ou supérieur à 0,1, supérieur à 0,3 ou supérieur à 0,5, et inférieur ou égal à 1,

35

- u est supérieur à 0, supérieur à 0,1 ou supérieur à 0,2, et inférieur ou égal à 1 ou inférieur ou égal à 0,7,
 - v est supérieur à 0, supérieur à 0,1, supérieur à 0,2 ou supérieur à 0,5, ou supérieur à 0,7, et inférieur ou égal à 1,
 - $x+y > 0$,
- x, y, u et v étant des indices stœchiométriques et normalisés par rapport à celui qui est le plus élevé, rendu égal à 1 ;
- $\text{Me}_x\text{Si}_{12-(m+n)}\text{Al}_{(m+n)}\text{O}_n\text{N}_{16-n}$, avec $0 \leq x \leq 2$, Me un cation choisi parmi les cations de lanthanides, Fe, Y, Ca, Li et leurs mélanges, $0 \leq m \leq 12$, $0 \leq n \leq 12$ et $0 < n+m \leq 12$, généralement appelés « α' -SiAlON » ou « SiAlON- α' »
- Dans un souci de clarté, on utilise les formules chimiques des oxydes simples pour désigner les teneurs de ces oxydes dans une composition. Par exemple, « SiO_2 » ou « Al_2O_3 » désignent les teneurs en ces oxydes simples dans la composition considérée alors que « silice » et « alumine » sont utilisés pour désigner la présence effective des phases de ces oxydes constituées de SiO_2 et Al_2O_3 , respectivement.
 - Sauf mention contraire, toutes les teneurs en oxydes sont des pourcentages massiques sur la base des oxydes. Une teneur massique d'un oxyde d'un élément métallique se rapporte à la teneur totale de cet élément exprimée sous la forme de l'oxyde le plus stable, selon la convention habituelle de l'industrie.
 - HfO_2 n'est pas chimiquement dissociable de ZrO_2 . Cependant, selon la présente invention, HfO_2 n'est pas ajouté volontairement. HfO_2 ne désigne donc que les impuretés inévitables d'oxyde d'hafnium, cet oxyde étant toujours naturellement présent dans les sources de zircon à des teneurs massiques généralement inférieures à 5%, généralement inférieures à 2%. Par souci de clarté, on peut désigner indifféremment la teneur totale en oxyde de zirconium et en traces d'oxyde d'hafnium par « ZrO_2 » ou par « $\text{ZrO}_2 + \text{HfO}_2$ ».
 - La somme de teneurs d'oxydes n'implique pas la présence de tous ces oxydes.
 - « comporter » ou « comprendre » doivent être interprétés de manière non limitative, dans le sens ou d'autres éléments que ceux indiqués peuvent être présents.

30 Description détaillée

CMC

Un CMC est classiquement un produit composé de fibres céramiques liés rigidement entre elles par une matrice céramique.

De préférence, les fibres céramiques, éventuellement assemblées sous forme de fils simples et/ou assemblés, sont choisies parmi les fibres comportant plus de 95%, de préférence plus de 97%, de préférence plus de 98%, de préférence plus de 99%, de préférence plus de 99,5% en masse d'oxydes, de carbures, de nitrures, de carbone et leurs mélanges.

De préférence, les fibres céramiques, éventuellement assemblées sous forme de fils simples et/ou assemblés, sont choisies parmi les fibres :

- comportant plus de 95%, de préférence plus de 97%, de préférence plus de 98%, de préférence plus de 99%, de préférence plus de 99,5% en masse d'oxydes et présentant une analyse chimique telle que $\text{SiO}_2 > 70\%$, de préférence $\text{SiO}_2 > 80\%$, de préférence $\text{SiO}_2 > 90\%$, voire $\text{SiO}_2 > 99\%$, en pourcentage en masse sur la base des oxydes,
- comportant plus de 95%, de préférence plus de 97%, de préférence plus de 98%, de préférence plus de 99%, de préférence plus de 99,5% en masse d'oxydes et présentant une analyse chimique telle que $\text{SiO}_2 > 45\%$, de préférence $\text{SiO}_2 > 50\%$ et $\text{SiO}_2 < 80\%$, et de l'oxyde de fer, exprimé sous la forme Fe_2O_3 en une quantité telle que $1\% < \text{Fe}_2\text{O}_3 < 20\%$ et $5\% < \text{Al}_2\text{O}_3 < 25\%$, en pourcentage en masse sur la base des oxydes,
- comportant plus de 95%, de préférence plus de 97%, de préférence plus de 98%, de préférence plus de 99%, de préférence plus de 99,5% en masse d'oxydes et présentant une analyse chimique telle que $\text{Al}_2\text{O}_3 > 65\%$, de préférence $\text{Al}_2\text{O}_3 > 70\%$, voire $\text{Al}_2\text{O}_3 > 80\%$, voire $\text{Al}_2\text{O}_3 > 90\%$, voire $\text{Al}_2\text{O}_3 > 95\%$, en pourcentage en masse sur la base des oxydes,
- comportant plus de 95%, de préférence plus de 97%, de préférence plus de 98%, de préférence plus de 99%, de préférence plus de 99,5% en masse de carbure de silicium,
- comportant plus de 95%, de préférence plus de 97%, de préférence plus de 98%, de préférence plus de 99%, de préférence plus de 99,5% en masse de carbone,
- et leurs mélanges.

Dans un mode de réalisation, les fibres céramiques, éventuellement assemblées sous forme de fils simples et/ou assemblés, sont choisies parmi les fibres composées pour plus de 95%, de préférence plus de 98%, de préférence plus de 99%, de préférence sensiblement 100% en masse d'alumine, les fibres composées pour plus de 95%, de préférence plus de 98%, de préférence plus de 99%, de préférence sensiblement 100% en masse de silice, de préférence composées pour plus de 95%, de préférence plus de 98%, de préférence plus de 99%, de préférence sensiblement 100% en masse de silice amorphe, les fibres composées pour plus de 95%, de préférence plus de 98%, de préférence plus de 99%, de préférence sensiblement 100% en masse de mullite, les fibres composées pour plus de 95%, de préférence plus de 98%, de préférence plus de 99%, de préférence sensiblement 100% en masse de mullite et de corindon, les fibres composées pour plus de 90%, de préférence pour plus de 95%, de préférence plus de 98%, de préférence plus de 99%, de préférence sensiblement 100% en masse de basalte, les fibres composées pour plus de 95%, de préférence plus de 98%, de préférence plus de 99%, de préférence sensiblement 100% en masse de verre, de préférence lavé, les fibres composées pour plus de 95%, de préférence plus de 98%, de préférence plus de 99%, de préférence sensiblement 100% en masse de carbure de silicium, les fibres

composées pour plus de 95%, de préférence plus de 98%, de préférence plus de 99%, de préférence sensiblement 100% en masse de carbone et leurs mélanges.

De préférence, la matrice du CMC est choisie parmi une matrice comportant plus de 95%, de préférence plus de 97%, de préférence plus de 98%, de préférence plus de 99%, de préférence plus de 99,5% en masse d'oxydes, de carbures, de nitrures, de sialons et leurs mélanges.

De préférence, la matrice du CMC est choisie parmi une matrice :

- comportant plus de 95%, de préférence plus de 97%, de préférence plus de 98%, de préférence plus de 99%, de préférence plus de 99,5% en masse d'oxydes et présentant une analyse chimique telle que $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2 + \text{HfO}_2 + \text{MgO} > 70\%$, de préférence $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2 + \text{HfO}_2 + \text{MgO} > 80\%$, de préférence $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2 + \text{HfO}_2 + \text{MgO} > 90\%$, de préférence $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2 + \text{HfO}_2 + \text{MgO} > 95\%$, de préférence $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2 + \text{HfO}_2 + \text{MgO} > 98\%$, voire $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2 + \text{HfO}_2 + \text{MgO} > 99\%$, en pourcentage en masse sur la base des oxydes,
 - comportant plus de 95%, de préférence plus de 97%, de préférence plus de 98%, de préférence plus de 99%, de préférence plus de 99,5% en masse d'oxydes et présentant une analyse chimique telle que $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 > 70\%$, de préférence $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 > 80\%$, de préférence $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 > 90\%$, de préférence $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 > 95\%$, de préférence $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 > 98\%$, voire $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 > 99\%$, en pourcentage en masse sur la base des oxydes,
 - comportant plus de 95%, de préférence plus de 97%, de préférence plus de 98%, de préférence plus de 99%, de préférence plus de 99,5% en masse d'oxydes et présentant une analyse chimique telle que $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2 + \text{HfO}_2 > 70\%$, de préférence $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2 + \text{HfO}_2 > 80\%$, de préférence $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2 + \text{HfO}_2 > 90\%$, de préférence $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2 + \text{HfO}_2 > 95\%$, de préférence $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2 + \text{HfO}_2 > 98\%$, voire $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2 + \text{HfO}_2 > 99\%$, en pourcentage en masse sur la base des oxydes,
 - comportant plus de 95%, de préférence plus de 97%, de préférence plus de 98%, de préférence plus de 99%, de préférence plus de 99,5% en masse d'oxydes et présentant une analyse chimique telle que $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO} > 70\%$, de préférence $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO} > 80\%$, de préférence $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO} > 90\%$, de préférence $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO} > 95\%$, de préférence $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO} > 98\%$, voire $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO} > 99\%$, en pourcentage en masse sur la base des oxydes,
 - comportant plus de 90%, de préférence plus de 95%, de préférence plus de 97%, de préférence plus de 98%, de préférence plus de 99% en masse de $\text{SiC} + \text{Si}_3\text{N}_4 + \text{SiAlON}$.
- Dans un mode de réalisation, notamment lorsque la matrice comporte plus de 50%, de préférence plus de 60%, de préférence plus de 70%, de préférence plus de 80% en masse de SiC, le complément à $\text{SiC} + \text{Si}_3\text{N}_4 + \text{SiAlON}$ dans ladite matrice comprend du silicium

métallique, de préférence ledit complément est constitué pour plus de 70% de préférence pour plus de 80%, de préférence pour plus de 90% en masse, de silicium métallique.

Dans un mode de réalisation, le CMC est tel que les fibres dudit CMC, éventuellement assemblées sous forme de fils simples et/ou assemblés, comportent plus de 95%, de préférence plus de 97%, de préférence plus de 98%, de préférence plus de 99%, de préférence plus de 99,5% en masse d'oxydes et présentent une analyse chimique telle que $\text{SiO}_2 > 70\%$, de préférence $\text{SiO}_2 > 80\%$, de préférence $\text{SiO}_2 > 90\%$, voire $\text{SiO}_2 > 99\%$, en pourcentage en masse sur la base des oxydes, et la matrice dudit CMC est choisie parmi une matrice :

- 10 - comportant plus de 95%, de préférence plus de 97%, de préférence plus de 98%, de préférence plus de 99%, de préférence plus de 99,5% en masse d'oxydes et présentant une analyse chimique telle que $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2 + \text{HfO}_2 + \text{MgO} > 70\%$, de préférence $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2 + \text{HfO}_2 + \text{MgO} > 80\%$, de préférence $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2 + \text{HfO}_2 + \text{MgO} > 90\%$, de préférence $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2 + \text{HfO}_2 + \text{MgO} > 95\%$, de préférence $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2 + \text{HfO}_2 + \text{MgO} > 98\%$, voire $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2 + \text{HfO}_2 + \text{MgO} > 99\%$, en pourcentage en masse sur la base des oxydes,
- 15 - comportant plus de 95%, de préférence plus de 97%, de préférence plus de 98%, de préférence plus de 99%, de préférence plus de 99,5% en masse d'oxydes et présentant une analyse chimique telle que $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 > 70\%$, de préférence $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 > 80\%$, de préférence $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 > 90\%$, de préférence $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 > 95\%$, de préférence $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 > 98\%$, voire $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 > 99\%$, en pourcentage en masse sur la base des oxydes,
- 20 - comportant plus de 95%, de préférence plus de 97%, de préférence plus de 98%, de préférence plus de 99%, de préférence plus de 99,5% en masse d'oxydes et présentant une analyse chimique telle que $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2 + \text{HfO}_2 > 70\%$, de préférence $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2 + \text{HfO}_2 > 80\%$, de préférence $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2 + \text{HfO}_2 > 90\%$, de préférence $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2 + \text{HfO}_2 > 95\%$, de préférence $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2 + \text{HfO}_2 > 98\%$, voire $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2 + \text{HfO}_2 > 99\%$, en pourcentage en masse sur la base des oxydes,
- 25 - comportant plus de 95%, de préférence plus de 97%, de préférence plus de 98%, de préférence plus de 99%, de préférence plus de 99,5% en masse d'oxydes et présentant une analyse chimique telle que $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO} > 70\%$, de préférence $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO} > 80\%$, de préférence $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO} > 90\%$, de préférence $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO} > 95\%$, de préférence $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO} > 98\%$, voire $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO} > 99\%$, en pourcentage en masse sur la base des oxydes.
- 30
- 35 Dans un mode de réalisation, le CMC est tel que les fibres dudit CMC, éventuellement assemblées sous forme de fils simples et/ou assemblés, comportent plus de 95%, de préférence plus de 97%, de préférence plus de 98%, de préférence plus de 99%, de

préférence plus de 99,5% en masse d'oxydes et présentent une analyse chimique telle que $\text{SiO}_2 > 45\%$, de préférence $\text{SiO}_2 > 50\%$ et $\text{SiO}_2 < 80\%$, et de l'oxyde de fer, exprimée sous la forme Fe_2O_3 en une quantité telle que $1\% < \text{Fe}_2\text{O}_3 < 20\%$ et $5\% < \text{Al}_2\text{O}_3 < 25\%$, en pourcentage en masse sur la base des oxydes, et la matrice dudit CMC est choisie parmi une matrice :

- 5 - comportant plus de 95%, de préférence plus de 97%, de préférence plus de 98%, de préférence plus de 99%, de préférence plus de 99,5% en masse d'oxydes et présentant une analyse chimique telle que $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2 + \text{HfO}_2 + \text{MgO} > 70\%$, de préférence $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2 + \text{HfO}_2 + \text{MgO} > 80\%$, de préférence $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2 + \text{HfO}_2 + \text{MgO} > 90\%$, de préférence $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2 + \text{HfO}_2 + \text{MgO} > 95\%$, de préférence $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2 + \text{HfO}_2 + \text{MgO} > 98\%$, voire $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2 + \text{HfO}_2 + \text{MgO} > 99\%$, en pourcentage en masse sur la base des oxydes,
- 10 - comportant plus de 95%, de préférence plus de 97%, de préférence plus de 98%, de préférence plus de 99%, de préférence plus de 99,5% en masse d'oxydes et présentant une analyse chimique telle que $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 > 70\%$, de préférence $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 > 80\%$, de préférence $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 > 90\%$, de préférence $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 > 95\%$, de préférence $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 > 98\%$, voire $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 > 99\%$, en pourcentage en masse sur la base des oxydes,
- 15 - comportant plus de 95%, de préférence plus de 97%, de préférence plus de 98%, de préférence plus de 99%, de préférence plus de 99,5% en masse d'oxydes et présentant une analyse chimique telle que $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2 + \text{HfO}_2 > 70\%$, de préférence $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2 + \text{HfO}_2 > 80\%$, de préférence $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2 + \text{HfO}_2 > 90\%$, de préférence $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2 + \text{HfO}_2 > 95\%$, de préférence $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2 + \text{HfO}_2 > 98\%$, voire $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2 + \text{HfO}_2 > 99\%$, en pourcentage en masse sur la base des oxydes,
- 20 - comportant plus de 95%, de préférence plus de 97%, de préférence plus de 98%, de préférence plus de 99%, de préférence plus de 99,5% en masse d'oxydes et présentant une analyse chimique telle que $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO} > 70\%$, de préférence $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO} > 80\%$, de préférence $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO} > 90\%$, de préférence $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO} > 95\%$, de préférence $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO} > 98\%$, voire $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO} > 99\%$, en pourcentage en masse sur la base des oxydes.
- 25
- 30 Dans un mode de réalisation, le CMC est tel que les fibres dudit CMC, éventuellement assemblées sous forme de fils simples et/ou assemblés, comportent plus de 95%, de préférence plus de 97%, de préférence plus de 98%, de préférence plus de 99%, de préférence plus de 99,5% en masse d'oxydes et présentent une analyse chimique telle que $\text{Al}_2\text{O}_3 > 65\%$, de préférence $\text{Al}_2\text{O}_3 > 70\%$, voire $\text{Al}_2\text{O}_3 > 80\%$, voire $\text{Al}_2\text{O}_3 > 90\%$, voire $\text{Al}_2\text{O}_3 >$
- 35 95% , en pourcentage en masse sur la base des oxydes, et la matrice dudit CMC est choisie parmi une matrice :

- comportant plus de 95%, de préférence plus de 97%, de préférence plus de 98%, de préférence plus de 99%, de préférence plus de 99,5% en masse d'oxydes et présentant une analyse chimique telle que $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2 + \text{HfO}_2 + \text{MgO} > 70\%$, de préférence $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2 + \text{HfO}_2 + \text{MgO} > 80\%$, de préférence $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2 + \text{HfO}_2 + \text{MgO} > 90\%$,
5 de préférence $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2 + \text{HfO}_2 + \text{MgO} > 95\%$, de préférence $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2 + \text{HfO}_2 + \text{MgO} > 98\%$, voire $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2 + \text{HfO}_2 + \text{MgO} > 99\%$, en pourcentage en masse sur la base des oxydes,
- comportant plus de 95%, de préférence plus de 97%, de préférence plus de 98%, de préférence plus de 99%, de préférence plus de 99,5% en masse d'oxydes et présentant
10 une analyse chimique telle que $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 > 70\%$, de préférence $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 > 80\%$, de préférence $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 > 90\%$, de préférence $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 > 95\%$, de préférence $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 > 98\%$, voire $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 > 99\%$, en pourcentage en masse sur la base des oxydes,
- comportant plus de 95%, de préférence plus de 97%, de préférence plus de 98%, de
15 préférence plus de 99%, de préférence plus de 99,5% en masse d'oxydes et présentant une analyse chimique telle que $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2 + \text{HfO}_2 > 70\%$, de préférence $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2 + \text{HfO}_2 > 80\%$, de préférence $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2 + \text{HfO}_2 > 90\%$, de préférence $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2 + \text{HfO}_2 > 95\%$, de préférence $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2 + \text{HfO}_2 > 98\%$, voire $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2 + \text{HfO}_2 > 99\%$, en pourcentage en masse sur la base des oxydes,
- comportant plus de 95%, de préférence plus de 97%, de préférence plus de 98%, de
20 préférence plus de 99%, de préférence plus de 99,5% en masse d'oxydes et présentant une analyse chimique telle que $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO} > 70\%$, de préférence $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO} > 80\%$, de préférence $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO} > 90\%$, de préférence $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO} > 95\%$, de préférence $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO} > 98\%$, voire $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO} > 99\%$, en pourcentage
25 en masse sur la base des oxydes,
- comportant plus de 85%, de préférence plus de 90%, de préférence plus de 95%, de préférence plus de 97%, de préférence plus de 98%, de préférence plus de 99% en masse de $\text{SiC} + \text{Si}_3\text{N}_4 + \text{SiAlON}$. Dans un mode de réalisation, notamment lorsque la matrice comporte plus de 50%, de préférence plus de 60%, de préférence plus de 70%, de
30 préférence plus de 80% en masse de SiC , le complément à $\text{SiC} + \text{Si}_3\text{N}_4 + \text{SiAlON}$ comprend du silicium métallique, de préférence ledit complément est constitué pour plus de 70% de préférence pour plus de 80%, de préférence pour plus de 90% en masse, de silicium métallique.

Dans un mode de réalisation, le CMC est tel que les fibres dudit CMC, éventuellement
35 assemblées sous forme de fils simples et/ou assemblés, comportent plus de 95%, de préférence plus de 97%, de préférence plus de 98%, de préférence plus de 99%, de préférence plus de 99,5% en masse de carbure de silicium, et la matrice dudit CMC est choisie

parmi une matrice comportant plus de 90%, de préférence plus de 95%, de préférence plus de 97%, de préférence plus de 98%, de préférence plus de 99% en masse de SiC+Si₃N₄+SiAlON. Dans un mode de réalisation, notamment lorsque la matrice comporte plus de 50%, de préférence plus de 60%, de préférence plus de 70%, de préférence plus de 80% en masse de SiC, le complément à SiC+Si₃N₄+SiAlON dans ladite matrice comprend du silicium métallique, de préférence ledit complément est constitué pour plus de 70% de préférence pour plus de 80%, de préférence pour plus de 90% en masse, de silicium métallique.

Dans un mode de réalisation, le CMC est tel que les fibres dudit CMC, éventuellement assemblées sous forme de fils simples et/ou assemblés, comportent plus de 95%, de préférence plus de 97%, de préférence plus de 98%, de préférence plus de 99%, de préférence plus de 99,5% en masse de carbone, et la matrice dudit CMC est choisie parmi une matrice comportant plus de 90%, de préférence plus de 95%, de préférence plus de 97%, de préférence plus de 98%, de préférence plus de 99% en masse de SiC+Si₃N₄+SiAlON.

Dans un mode de réalisation, notamment lorsque la matrice comporte plus de 50%, de préférence plus de 60%, de préférence plus de 70%, de préférence plus de 80% en masse de SiC, le complément à SiC+Si₃N₄+SiAlON dans ladite matrice comprend du silicium métallique, de préférence ledit complément est constitué pour plus de 70% de préférence pour plus de 80%, de préférence pour plus de 90% en masse, de silicium métallique.

Dans un mode de réalisation, le CMC est tel que les fibres dudit CMC, éventuellement assemblées sous forme de fils simples et/ou assemblés, comportent plus de 95%, de préférence plus de 97%, de préférence plus de 98%, de préférence plus de 99%, de préférence plus de 99,5% en masse d'oxydes et présentent une analyse chimique telle que SiO₂ > 70%, de préférence SiO₂ > 80%, de préférence SiO₂ > 90%, voire SiO₂ > 99%, en pourcentage en masse sur la base des oxydes, et la matrice dudit CMC est choisie parmi une matrice comportant plus de 90%, de préférence plus de 95%, de préférence plus de 97%, de préférence plus de 98%, de préférence plus de 99% en masse de SiC+Si₃N₄+SiAlON. Dans un mode de réalisation, notamment lorsque la matrice comporte plus de 50%, de préférence plus de 60%, de préférence plus de 70%, de préférence plus de 80% en masse de SiC, le complément à SiC+Si₃N₄+SiAlON dans ladite matrice comprend du silicium métallique, de préférence ledit complément est constitué pour plus de 70% de préférence pour plus de 80%, de préférence pour plus de 90% en masse, de silicium métallique.

De préférence, et quel que soit le mode de réalisation décrit précédemment, le CMC comporte une ou plusieurs caractéristiques optionnelles suivantes :

- le CMC est fritté. Dans un mode de réalisation, le frittage peut s'effectuer lors de la première utilisation (autrement dit in situ) ;

- le CMC présente une porosité ouverte, mesurée par imbibition, selon le principe de la poussée d'Archimède, supérieure à 15%, de préférence supérieure à 20%, de préférence supérieure à 25%, de préférence supérieure à 30% et de préférence inférieure à 45%, de préférence inférieure à 40% ;
- 5 - le CMC comporte plus de 30%, de préférence plus de 40%, de préférence plus de 50%, de préférence plus de 60% et/ou moins de 70% en volume de fibres, éventuellement assemblées sous forme de fils simples et/ou assemblés ;
- les fibres sont regroupées sous la forme de fils, un fil comportant typiquement plusieurs centaines à plusieurs milliers de fibres ;
- 10 - les fibres, de préférence les fils, présentent une longueur supérieure à 50 mm, voire supérieure à 100 mm ;
- Dans un mode de réalisation préféré, les fibres, de préférence les fils sont arrangés sous la forme d'un tissu (présentant des fils de trame et des fils de chaîne) d'une nappe (non tissée), d'un tricot (simple maille ou renforcé avec des fibres et/ou fils unidirectionnels), d'une tresse ou sous la forme d'un objet dont les fibres et/ou fils sont
- 15 apposés les uns contre les autres (enroulement filamentaire ou ESF (« Engineered Speciality Fabrics » en anglais).

Tous les procédés de fabrication permettant d'obtenir un CMC peuvent être mis en œuvre.

Le procédé de fabrication peut en particulier comprendre les étapes suivantes ;

- 20 - imprégnation d'un ensemble de tissus ou de nappes, de préférence de tissus ou de nappes de fils, au moyen d'une barbotine apte à former une matrice après séchage et/ou frittage ;
- empilement desdits tissus et/ou nappes, ledit empilement pouvant être réalisé par pressage, ou sous vide.
- 25 Les tissus ou les nappes peuvent être empilés de manière à ce que les fils des différents tissus ou nappes présentent sensiblement tous la même direction, ou des directions différentes, par exemple à 45°, en fonction notamment des propriétés mécaniques recherchées.

30 Revêtement

Le revêtement comporte au moins une couche comportant un oxyde cristallisé comportant au moins les éléments Li et Al. Ledit oxyde peut également comporter de manière optionnelle et préférentielle Si.

- 35 De préférence, ledit oxyde cristallisé présente une température de fusion supérieure à la température maximale atteinte lors de la fabrication de la poudre lithiée, en particulier de la poudre d'oxyde de métaux de transition lithiés.

De préférence ledit oxyde cristallisé est choisi parmi LiAlO_2 , $\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$, $\text{Li}_3\text{AlSiO}_5$, $\text{LiAlSi}_4\text{O}_{10}$, LiAlSiO_4 et leurs mélanges, de préférence parmi LiAlO_2 , $\text{Li}_3\text{AlSiO}_5$, $\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$ et leurs mélanges. De préférence encore, ledit oxyde cristallisé est choisi parmi $\text{Li}_3\text{AlSiO}_5$, $\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$ et leurs mélanges.

- 5 Les inventeurs ont mis en évidence que la résistance à la dégradation recherchée peut être obtenue pour des quantités faibles dudit oxyde cristallisé dans le revêtement, en particulier dans un intervalle de 15% à 25% poids, notamment en cas d'utilisation d'un précurseur dudit oxyde cristallisé ne comportant pas Al (Al provenant dans ce cas du CMC).

- De préférence, le revêtement comporte au moins deux couches, au moins une desdites
10 couches comportant un oxyde cristallisé comportant au moins les éléments Li et Al, par exemple une couche comprenant Li_4SiO_4 , de préférence constituée essentiellement par Li_4SiO_4 , et une couche comprenant un oxyde cristallisé comportant au moins les éléments Li, Si et Al, de préférence le composé cristallisé $\text{Li}_3\text{AlSiO}_5$.

- Par exemple, ladite couche comprenant le composé comportant au moins les éléments Li, Si
15 et Al (de préférence un composé cristallisé $\text{Li}_3\text{AlSiO}_5$) se situe entre ladite couche comportant un oxyde cristallisé comportant au moins les éléments Li et Al (de préférence une couche de Li_4SiO_4) et le CMC.

- Selon un mode de réalisation, le revêtement est constitué pour plus de 15%, de préférence pour plus de 20%, de préférence pour plus de 25%, en masse d'un ou de plusieurs oxydes
20 cristallisés comportant au moins les éléments Li et Al et éventuellement Si.

- Selon un mode de réalisation, le revêtement est constitué pour plus de 30%, de préférence pour plus de 40%, de préférence pour plus de 50%, de préférence pour plus de 60%, de préférence pour plus de 70%, de préférence pour plus de 80%, de préférence encore pour plus de 90%, de préférence pour plus de 95%, ou même de préférence pour plus de 98%, en
25 masse d'un ou de plusieurs oxydes cristallisés comportant au moins les éléments Li et Al et éventuellement Si. De préférence encore, le revêtement est constitué essentiellement d'un ou de plusieurs oxydes cristallisés comportant au moins les éléments Li et Al et éventuellement Si.

- Dans un mode de réalisation, le revêtement contient un précurseur d'au moins un oxyde
30 cristallisé comportant au moins les éléments Li et Al et éventuellement Si. Dans ledit mode de réalisation, ledit au moins un oxyde cristallisé comportant au moins les éléments Li et Al et éventuellement Si sera formé ultérieurement par élévation de la température, par exemple lors de la première utilisation

- Dans un mode de réalisation, au moins une partie de l'Al et/ou au moins une partie de Si de
35 l'oxyde cristallisé comportant au moins les éléments Li et Al et éventuellement Si, provient du CMC, notamment par réaction avec Li par élévation de la température, par exemple lors de la première utilisation.

De préférence, le revêtement présente la composition chimique suivante, en pourcentage en masse sur la base des oxydes :

- Li_2O : > 0,5%, de préférence > 1%, de préférence > 2%, de préférence > 3%, et de préférence < 30%, de préférence < 25%, et/ou
- 5 - Al_2O_3 : > 2%, de préférence > 4%, de préférence > 6%, de préférence > 8%, de préférence > 10%, de préférence > 12%, et de préférence < 80%, et/ou
- SiO_2 : dans un mode de réalisation < 5%. Dans un mode de réalisation, > 10%, de préférence > 15%, de préférence > 20%, de préférence > 25%, de préférence > 30%, et de préférence < 80%, de préférence < 75%, de préférence < 70%, et
- 10 - $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Li}_2\text{O}$ > 50%, de préférence > 60%, de préférence > 70%, voire > 80%, voire > 90%.

De préférence, le revêtement est constitué pour plus de 90%, de préférence pour plus de 95%, de préférence pour plus de 98%, de préférence pour plus de 99%, de préférence pour plus de 99,5% en masse d'oxydes. De préférence le revêtement est essentiellement constitué d'oxydes.

L'épaisseur dudit revêtement est de préférence supérieure à 50 μm , de préférence supérieure à 100 μm (micromètres), de préférence supérieure à 200 μm , de préférence supérieure à 300 μm , voire supérieure à 400 μm , voire supérieure à 500 μm , voire supérieure à 600 μm et/ou de préférence inférieure à 2000 μm , de préférence inférieure à 1500 μm , de préférence inférieure à 1000 μm , de préférence inférieure à 800 μm .

De préférence, la surface des parois intérieures recouvertes comprend le fond du conteneur et la partie des côtés se trouvant au contact dudit fond. Autrement dit, le revêtement s'étend sur la partie inférieure des côtés du conteneur, le conteneur étant considéré dans sa position de fonctionnement, ladite partie étant celle en contact avec les poudres lors de l'utilisation dudit conteneur.

De préférence, la surface des parois intérieures du conteneur est recouverte pour plus de 85%, de préférence pour plus de 90%, de préférence pour plus de 95%, de préférence pour plus de 96%, de préférence pour plus de 98%, de préférence pour plus de 99%, dudit revêtement. De préférence le revêtement s'étend sur sensiblement la totalité de la surface des parois intérieures du conteneur.

De préférence, au moins une partie, de préférence la totalité de la surface de la paroi extérieure du fond du conteneur est recouverte du revêtement.

Dans un mode de réalisation, plus de 90%, de préférence plus de 95%, de préférence plus de 99% de la surface totale des parois du conteneur est recouverte du revêtement.

De préférence, le revêtement a subi un traitement thermique avant son utilisation, la température maximale atteinte lors dudit traitement thermique étant de préférence supérieure

à 900 °C, de préférence supérieure à 950 °C et inférieure à la température de dégradation du CMC.

Dans le cas d'un CMC comportant des fibres, éventuellement assemblées sous forme de fils, présentant une analyse chimique telle que $\text{SiO}_2 > 80\%$ en masse, la température maximale atteinte lors dudit traitement thermique est de préférence inférieure à 1000 °C.

Dans le cas d'un CMC comportant des fibres, éventuellement assemblées sous forme de fils, présentant une analyse chimique telle que $\text{Al}_2\text{O}_3 > 65\%$ ou comportant des fibres, éventuellement assemblées sous forme de fils, comportant plus de 95% de carbure de silicium, la température maximale atteinte lors dudit traitement thermique est de préférence inférieure à 1300 °C.

De préférence le temps de maintien à ladite température maximale est supérieur à 5 heures, de préférence supérieur à 8 heures et inférieur à 20 heures, de préférence inférieur à 15 heures.

La mise en œuvre d'un traitement thermique permet avantageusement d'améliorer considérablement l'adhésion du revêtement.

Ledit traitement thermique peut également permettre d'obtenir au moins un oxyde cristallisé comportant au moins les éléments Li et Al présent dans le revêtement, en particulier à partir d'un précurseur dudit oxyde et/ou lorsque au moins une partie de Al provient du CMC.

Le revêtement peut être appliqué sur au moins une partie de la surface des parois intérieures du conteneur selon toute technique connue de l'homme du métier, en particulier par application au pinceau, par pulvérisation, en particulier une pulvérisation humide, par imprégnation sous vide.

Dans une variante, des précurseurs dudit oxyde sont appliqués sur au moins une partie des surfaces des parois du conteneur puis transformés en ledit oxyde, par exemple à l'aide d'un traitement thermique.

De préférence, les précurseurs dudit oxyde sont choisis parmi :

- une bayérite lithiée,
- Li_4SiO_4 , Al provenant dans ce cas du CMC (l'oxyde cristallisé comportant au moins les éléments Li et Al pouvant alors être $\text{Li}_3\text{AlSiO}_5$),
- et leurs mélanges.

Conteneur

Le conteneur peut présenter une forme quelconque.

Le périmètre dudit conteneur selon l'invention peut être choisi parmi un polygone, en particulier un rectangle et un carré, un cercle ou une ellipse.

De préférence, le conteneur selon l'invention comporte un fond et au moins un côté, le fond et le au moins un côté présentant de préférence une épaisseur moyenne inférieure à 20 mm,

de préférence encore inférieure à 15 mm, voire inférieure à 10 mm, et/ou de préférence supérieure à 2 mm, de préférence supérieure à 4 mm, de préférence encore supérieure à 5 mm.

5 Dans un mode de réalisation, le fond dudit conteneur présente une épaisseur plus importante que celle de son côté, de préférence 10% supérieure, de préférence 20% supérieure, de préférence 30% supérieure.

10 Dans un mode de réalisation, le fond et le côté dudit conteneur présentent une différence d'épaisseur inférieure à 10%, de préférence inférieure à 5%. De préférence, dans ledit mode de réalisation, le fond dudit conteneur présente une épaisseur sensiblement identique à celle de son côté.

Dans un mode de réalisation, l'épaisseur des parois n'est pas constante. De préférence, l'épaisseur des côtés est plus importante du côté du fond de conteneur. De préférence, la partie des côtés se trouvant au contact du fond du conteneur présente une épaisseur supérieure de 10% à l'épaisseur de la partie des côtés situés à l'opposé du fond du conteneur.

15 Dans un mode de réalisation, le conteneur selon l'invention présente une longueur, c'est-à-dire une plus grande longueur inférieure à 500 mm, de préférence inférieure à 400 mm, ou/ou de préférence supérieure à 100 mm, de préférence supérieure à 200 mm, et une largeur, c'est-à-dire la plus petite dimension mesurée perpendiculairement à la longueur inférieure à 500 mm, de préférence inférieure à 400 mm, ou/ou de préférence supérieure à 100 mm, de
20 préférence supérieure à 200 mm.

Dans un mode de réalisation, le conteneur peut être compartimenté en au moins deux parties, lesdites au moins deux parties pouvant être séparées par un espace permettant la circulation des gaz lors du traitement thermique visant à synthétiser les poudres comportant de l'oxyde de lithium, en particulier un oxyde d'un métal ou de plusieurs métaux de transition lithiés.

25 Dans un mode de réalisation, l'angle entre le fond du conteneur et ledit au moins un côté est égal à 90°. Dans un mode de réalisation ledit angle est supérieur à 90° et inférieur à 100°.

Dans un mode de réalisation, le conteneur selon l'invention présente un diamètre inférieur à 500 mm, de préférence inférieur à 400 mm, ou/ou de préférence supérieur à 100 mm, de préférence supérieur à 200 mm.

30 De préférence, le conteneur selon l'invention présente un volume supérieur à 0,1 litre, de préférence supérieur à 1 litre, de préférence supérieur à 2 litres, de préférence supérieur à 3 litres et/ou de préférence inférieur à 25 litres, de préférence inférieur à 20 litres, de préférence inférieur à 15 litres.

35 Dans un mode de réalisation, le fond et les côtés en CMC du conteneur selon l'invention forment un ensemble monolithique. Autrement dit, lesdits fond et côtés sont une seule et même pièce, le raccordement entre le fond et les côtés comportant un rayon, de préférence supérieur à 5 mm, de préférence supérieur à 10 mm, de préférence supérieur à 20 mm.

Dans un mode de réalisation, le conteneur est un assemblage de différentes parties en CMC, par exemple des plaques en un CMC, la liaison entre lesdites différentes parties pouvant notamment être réalisées à l'aide d'assemblage de type tenon-mortaise, et/ou d'assemblage en suspensoir, et/ou d'encastrement (utilisant notamment des encoches ou des rainures), et/ou de chevilles métalliques ou céramiques, et/ou de vis métalliques ou céramiques et/ou de rivets métalliques ou céramiques, et/ou de clavettes métalliques ou céramiques.

Exemples

Les exemples non limitatifs suivants sont donnés dans le but d'illustrer l'invention.

- 10 La résistance à la dégradation lors de la synthèse des poudres d'oxyde d'un métal ou de plusieurs métaux de transition lithiés est évaluée par la méthode suivante :

2 g d'hydroxyde de lithium sont posés au centre de la surface de chaque carreau, présentant un revêtement ou non suivant les exemples. L'ensemble est ensuite placé dans un four électrique et subit le traitement thermique suivant, sous air :

- 15 - montée à 900 °C,
- maintien à 900 °C pendant 10 heures,
- descente à température ambiante.

Pour chaque exemple, avant essai de résistance à la dégradation, un carreau, revêtu ou non suivant les exemples, est découpé de manière à obtenir une tranche de la zone centrale dudit carreau, et ladite tranche est enrobée de résine et polie miroir. Puis, ladite tranche polie est observée à l'aide d'un microscope optique, afin de mesurer l'épaisseur moyenne E_0 du carreau de l'exemple, avant essai de résistance à la dégradation, ladite épaisseur moyenne E_0 étant la moyenne arithmétique des épaisseurs mesurées sur 5 zones observées différentes.

- 25 Pour chaque exemple, après essai de résistance à la dégradation, un carreau, revêtu ou non suivant les exemples, est découpé de manière à obtenir une tranche de la zone centrale dudit carreau, et ladite tranche est enrobée de résine et polie miroir. Puis, ladite tranche polie est observée à l'aide d'un microscope optique, afin de mesurer l'épaisseur moyenne E_1 correspondant à l'épaisseur de matériau visuellement non modifié dans le carreau de l'exemple, ladite épaisseur moyenne E_1 étant la moyenne arithmétique des épaisseurs mesurées sur 5 zones observées différentes.

La résistance à la dégradation de l'exemple est définie par $E_0 - E_1$. Plus la différence $E_0 - E_1$ est faible, plus la résistance à la dégradation est élevée.

Le protocole de fabrication des exemples est décrit ci-après :

a) Carreau utilisé dans l'exemple 1 hors invention

- 35 Le carreau utilisé dans l'exemple 1 hors invention est une plaque du matériau Alundum® AH199, commercialisé par la société Saint-Gobain Performance Ceramics and Refractories, présentant les dimensions suivantes : 50x50x11 mm³.

b) Carreaux utilisés dans l'exemple 2 hors invention et dans l'exemple 3 selon l'invention

Les carreaux utilisés dans lesdits exemples sont des carreaux de CMC fritté HT-C Typ SM, commercialisé par la société Inovaceram de dimensions 50x50x4,5 mm³

c) Suspension permettant d'obtenir le revêtement des carreaux revêtus des exemples 1 et 3

- 5 De l'hydroxyde de lithium est introduit dans de l'eau en une concentration égale à 0,3 mol/l, puis l'ensemble est maintenu sous agitation jusqu'à dissolution de l'hydroxyde de lithium. Puis, de la silice colloïdale Ludox AS40, commercialisé par la société Sigma Aldrich est ajouté sous agitation en proportion telle que le rapport molaire de l'hydroxyde de lithium sur SiO₂ soit égal à 4.
- 10 Le pH est ensuite ajusté à une valeur égale à 8,5 à l'aide d'acide citrique. L'agitation est maintenue pendant 10 minutes après introduction de l'acide citrique. La suspension obtenue est ensuite placée dans une étuve à 65°C pendant 18 heures.

d) Fabrication du revêtement à la surface des carreaux revêtus

- Un revêtement est obtenu sur le carreau d'Alundum® AH199 et sur le carreau de CMC fritté
15 à l'aide du procédé suivant.

Pour réaliser l'exemple 1, la suspension obtenue à la fin du paragraphe c) est appliquée sur le carreau décrit au paragraphe a) à l'aide d'un pinceau.

Pour réaliser l'exemple 3, la suspension obtenue au paragraphe c) est appliquée sur un des carreaux décrits au paragraphe b) à l'aide d'un pinceau.

- 20 Puis après séchage pendant 12 heures à 60°C, les carreaux revêtus séchés subissent le traitement thermique TT suivant en four électrique :

- montée de 20°C à 900°C à une vitesse égale à 10°C/min,
- maintien à 900°C pendant 10 heures,
- descente naturelle à température ambiante.

- 25 La figure 1 ci-jointe est un cliché obtenu au microscope optique lors de l'observation de l'épaisseur après sciage du carreau revêtu de l'exemple 3 avant la réalisation du test de résistance à la dégradation. On peut distinguer deux couches présentes à la surface du carreau de CMC (1) : une couche (2) de Li₄SiO₄ et une couche (3) comportant le composé cristallisé Li₃AlSiO₅.

- 30 Les carreaux ainsi obtenus subissent ensuite le test résistance à la dégradation décrit précédemment.

Le tableau 1 suivant résume le résultat du test de résistance à la dégradation, les exemples étant représentatifs d'un conteneur utilisé pour la synthèse d'une poudre d'oxyde d'un métal ou de plusieurs métaux de transition lithiés.

[Tableau 1]

Exemple	Epaisseur moyenne avant essai E_0 (mm)	Oxyde cristallisé comportant au moins les éléments Li et Al dans le revêtement mise en évidence par diffraction X effectuée sur une surface polie d'une tranche de l'exemple avant essai de résistance à la dégradation	Résistance à la dégradation, E_0-E_1 (mm)
1(*) Carreau en Alundum® AH199 revêtu	-	-	-
2(*) Carreau en CMC non revêtu	4,5	-	4,5
3 Carreau en CMC revêtu	4,5	$\text{Li}_3\text{AlSiO}_5$	1

(*) : hors invention

La présence de l'oxyde cristallisé $\text{Li}_3\text{AlSiO}_5$ dans le revêtement de l'exemple 3 est mise en évidence par une diffraction des rayons X effectuée sur une surface polie d'une tranche de cet exemple avant essai de résistance à la dégradation.

Après le traitement thermique TT, l'exemple 1, hors invention, présente un revêtement écaillé, qui n'adhère pas à la plaque support d'Alundum® AH199. Il n'a donc pas été possible de faire le test de résistance à la dégradation.

Au contraire, l'exemple 3 selon l'invention présente un revêtement homogène sans fissure en surface. Une comparaison des exemples 1 hors invention et de l'exemple 3 selon l'invention, illustre la nécessité du choix d'un CMC comme matériau support pour le revêtement.

Une comparaison des exemples 2 hors invention, et 3 selon l'invention, montre que la résistance à la dégradation de l'exemple 3 est égale à 1 mm, très inférieure à celle de l'exemple 2 égale à 4,5 mm.

Les exemples qui précèdent montrent les avantages de la présente l'invention, et en particulier du choix particulier d'une combinaison d'un composite à matrice céramique et de son revêtement comprenant un oxyde cristallisé comportant au moins les éléments Li et Al ou un précurseur dudit oxyde cristallisé.

Une faible résistance à la dégradation a également été mesurée lorsque qu'une suspension de bayérite lithiée est alternativement utilisée pour fabriquer le revêtement à la surface de carreaux en un CMC.

Ces résultats montrent l'efficacité d'un conteneur selon l'invention.

Bien entendu, la présente invention n'est pas limitée aux modes de réalisation décrits fournis à titre d'exemples illustratifs et non limitatifs.

En particulier, les produits selon l'invention ne se limitent pas à des formes ou à des dimensions particulières.

REVENDICATIONS

1. Conteneur en un composite à matrice céramique, la surface des parois intérieures dudit conteneur étant recouverte au moins partiellement, de préférence pour plus de 80%, d'un revêtement comportant au moins une couche comportant un oxyde cristallisé comportant au moins les éléments Li et Al ou un précurseur dudit oxyde cristallisé.
2. Conteneur selon la revendication précédente dans lequel l'oxyde cristallisé comporte en outre l'élément Si.
3. Conteneur selon l'une des revendications précédentes, ledit oxyde cristallisé étant choisi parmi LiAlO_2 , $\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$, $\text{Li}_3\text{AlSiO}_5$, $\text{LiAlSi}_4\text{O}_{10}$, LiAlSiO_4 et leurs mélanges.
4. Conteneur selon l'une des revendications précédentes dans lequel les fibres céramiques du composite à matrice céramique, éventuellement assemblées sous forme de fils simples et/ou assemblés, sont choisies parmi les fibres comportant plus de 95% en masse d'oxydes, de carbures, de nitrures, de carbone et leurs mélanges.
5. Conteneur selon la revendication précédente dans lequel les fibres céramiques du composite à matrice céramique, éventuellement assemblées sous forme de fils simples et/ou assemblés, sont choisies parmi les fibres :
 - comportant plus de 95% en masse d'oxydes et présentant une analyse chimique telle que $\text{SiO}_2 > 70\%$, en pourcentage en masse sur la base des oxydes, ou
 - comportant plus de 95% en masse d'oxydes et présentant une analyse chimique telle que $45\% < \text{SiO}_2 < 80\%$, et de l'oxyde de fer, exprimé sous la forme Fe_2O_3 en une quantité telle que $1\% < \text{Fe}_2\text{O}_3 < 20\%$ et $5\% < \text{Al}_2\text{O}_3 < 25\%$, en pourcentage en masse sur la base des oxydes, ou
 - comportant plus de 95% en masse d'oxydes et présentant une analyse chimique telle que $\text{Al}_2\text{O}_3 > 65\%$, en pourcentage en masse sur la base des oxydes, ou
 - comportant plus de 95% en masse de carbure de silicium, ou
 - comportant plus de 95% en masse de carbone,
 - et leurs mélanges.
6. Conteneur selon la revendication précédente dans lequel les fibres céramiques du composite à matrice céramique, éventuellement assemblées sous forme de fils simples et/ou assemblés, sont choisies parmi les fibres composées pour plus de 95% en masse d'alumine, les fibres composées pour plus de 95% en masse de silice, les fibres composées pour plus de 95% en masse de mullite, les fibres composées pour plus de 95% en masse de mullite et de corindon, les fibres composées pour plus de 90% en masse de basalte, les fibres composées pour plus de 95% en masse de verre, les fibres composées pour plus de 95% en masse de carbure de silicium, les fibres composées pour plus de 95% en masse de carbone, et leurs mélanges.

7. Conteneur selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la matrice du composite à matrice céramique est choisie parmi une matrice comportant plus de 95% en masse d'oxydes, de carbures, de nitrures, de sialons et leurs mélanges.
8. Conteneur selon la revendication précédente dans lequel la matrice du composite à matrice céramique est choisie parmi une matrice
- 5
- comportant plus de 95% en masse d'oxydes et présentant une analyse chimique telle que $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2 + \text{HfO}_2 + \text{MgO} > 70\%$ en pourcentage en masse sur la base des oxydes, ou
 - comportant plus de 95% en masse d'oxydes et présentant une analyse chimique telle

10

 - que $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 > 70\%$ en pourcentage en masse sur la base des oxydes, ou
 - comportant plus de 95% en masse d'oxydes et présentant une analyse chimique telle que $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2 + \text{HfO}_2 > 70\%$ en pourcentage en masse sur la base des oxydes, ou
 - comportant plus de 95% en masse d'oxydes et présentant une analyse chimique telle que $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO} > 70\%$ en pourcentage en masse sur la base des oxydes, ou

15

 - comportant plus de 90% en masse de $\text{SiC} + \text{Si}_3\text{N}_4 + \text{SiAlON}$.

9. Conteneur selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le revêtement :

 - comporte au moins une couche comportant un oxyde cristallisé comportant au moins les éléments Li, Al et Si, et/ou
 - est constitué pour plus de 15% en masse d'un ou de plusieurs oxydes cristallisés

20

 - comportant au moins les éléments Li et Al, et/ou
 - contient un précurseur d'au moins un oxyde cristallisé comportant au moins les éléments Li et Al, et/ou
 - présente la composition chimique suivante, en pourcentage en masse sur la base des oxydes :

25

 - o $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Li}_2\text{O} > 50\%$, et
 - o $\text{Li}_2\text{O} : > 0,5\% \text{ et } < 30\%$, et/ou
 - o $\text{Al}_2\text{O}_3 : > 2\% \text{ et } < 80\%$, et/ou
 - o $\text{SiO}_2 : < 5\%$, ou $10\% < \text{SiO}_2 < 80\%$, et/ou
 - est constitué pour plus de 90% en masse d'oxydes, et/ou

30

 - présente une épaisseur supérieure à 50 μm et/ou inférieure à 2000 μm .

10. Conteneur selon la revendication précédente dans lequel le précurseur de l'oxyde cristallisés comportant au moins les éléments Li et Al est choisi parmi :

 - Une bayérite lithiée,
 - Li_4SiO_4 ,

35

 - et leurs mélanges.

11. Conteneur selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la surface des parois intérieures est recouverte pour plus de 99% dudit revêtement.

12. Conteneur selon l'une des revendications précédentes, comportant un fond et au moins un côté.
13. Utilisation d'un conteneur selon l'une des revendications précédentes, pour la fabrication d'une poudre d'oxyde comportant du lithium, en particulier un oxyde d'un métal ou de plusieurs métaux de transition lithiés.

5

FIGURE 1

1/1

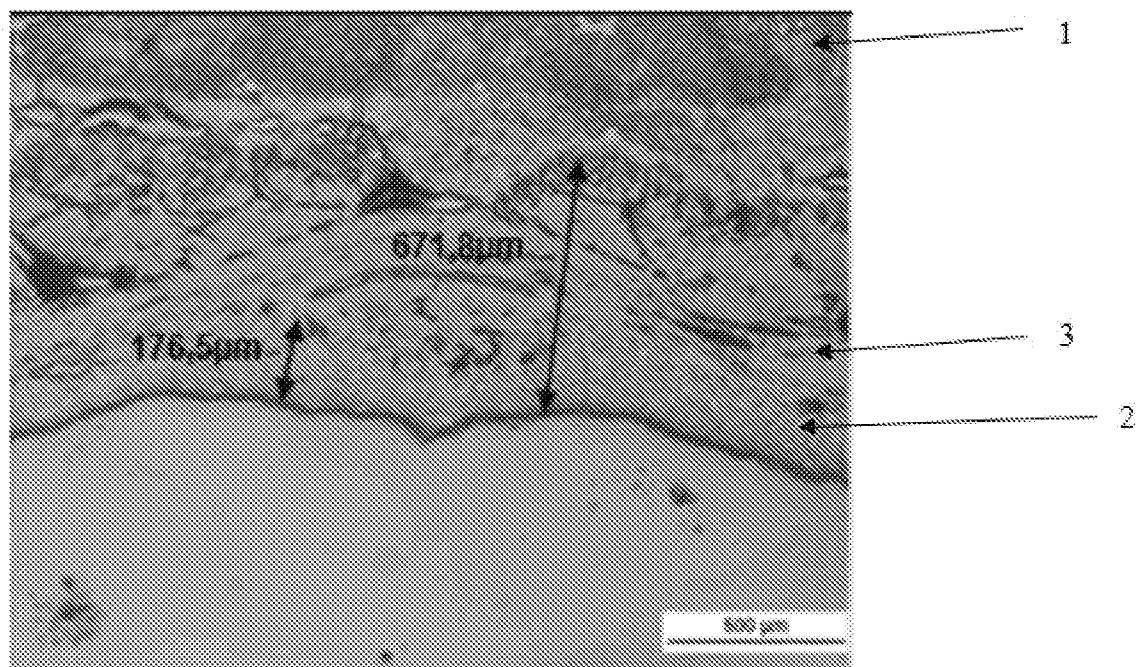


Fig. 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/FR2022/052493

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**C04B 41/87**(2006.01)i; **C04B 41/89**(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C04B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 108302942 A (ZHU XINGYU; LI JUNXIU) 20 July 2018 (2018-07-20) claims examples	1-13



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

12 April 2023

Date of mailing of the international search report

19 April 2023

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Rosenberger, Jürgen

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/FR2022/052493

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	108302942	A	20 July 2018	CN	108302942	A	20 July 2018
				JP	7229456	B2	28 February 2023
				JP	2019121601	A	22 July 2019

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2022/052493

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE

INV. C04B41/87 C04B41/89

ADD.

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

C04B

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	CN 108 302 942 A (ZHU XINGYU; LI JUNXIU) 20 juillet 2018 (2018-07-20) revendications exemples -----	1-13

☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

- "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- "&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

12 avril 2023

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

19/04/2023

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Rosenberger, Jürgen

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

PCT/FR2022/052493

Formulaire PCT/ISA/210 (annexe familles de brevets) (avril 2005)