

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
**INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**
—
COURBEVOIE
—

①① N° de publication :

3 034 094

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②① N° d'enregistrement national :

15 52615

⑤① Int Cl⁸ : **C 04 B 28/00** (2015.01), C 04 B 12/00, E 04 B 1/14,
E 04 B 1/74, E 04 C 1/00

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ COMPOSITION POUR MATERIAU DE CONSTRUCTION A BASE DE METAKAOLIN, PRO-
CEDE DE FABRICATION ASSOCIE ET UTILISATION POUR LA REALISATION D'ELEMENTS
DE CONSTRUCTION.

②② Date de dépôt : 27.03.15.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 30.09.16 Bulletin 16/39.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 09.10.20 Bulletin 20/41.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *HOFFMANN JB TECHNOLOGIES*
— FR.

⑦② Inventeur(s) : *HOFFMANN DAVID.*

⑦③ Titulaire(s) : *HOFFMANN JB TECHNOLOGIES.*

⑦④ Mandataire(s) : *IPSILON.*

FR 3 034 094 - B1



La présente invention concerne le domaine des matériaux de construction, et plus particulièrement concerne de nouvelles compositions pour matériaux de construction, leurs procédés associés et leurs utilisations pour la réalisation notamment d'éléments ou modules de construction.

5 Le ciment, tel que le ciment Portland, est un matériau très utilisé dans le domaine de la construction. Cependant ce ciment, bien que performant, nécessite, pour sa fabrication, d'une part, la consommation de nombreuses ressources et, d'autre part, produit une quantité non négligeable de polluants responsables, entre autres, du réchauffement climatique et des pluies acides. Enfin, sa durée de vie, bien que longue,
10 est limitée par les multiples dégradations, notamment liées à la pollution atmosphérique, qu'il peut subir au cours du temps. Toutes ces particularités font que le ciment Portland s'inscrit de moins en moins dans une démarche de développement durable.

Il existe des alternatives aux matériaux de construction classiques mais elles ne
15 répondent que partiellement aux exigences de performances nécessaires. De plus, leur coût économique élevé se révèle souvent une limite à une large utilisation.

Par exemple les géopolymères, inventés vers la fin des années 70 par le professeur Davidovits. Leurs propriétés en termes de durabilité, de performances mécaniques et de développement durable ont récemment mis ces liants de nouvelle génération sur le
20 devant de la scène.

Un géopolymère est formé à partir d'une matrice minérale composée de silice et d'alumine présentant des sites réactionnels sur lesquels on fait réagir des agents de réticulation contenus dans une solution dite d'activation, généralement alcaline. Cette réaction produit un gel à base de poly(silico-oxo-aluminate) qui enrobe les granulats et
25 durcit au fur et à mesure de l'avancement réactionnel, jusqu'à l'obtention d'un bloc monolithique composé d'un « verre » dans lequel sont englobés les granulats. Cependant les procédés de réalisation de ces géopolymères sont soit peu adaptables industriellement et/ou utilisent des produits coûteux. Les réactions s'effectuent généralement avec chauffage des constituants.

30 Un exemple de fabrication à température ambiante de ciment géopolymérique à base de cendres volantes silico-alumineuses (dites de classe F) est décrit dans le brevet EP 2061732 B1 de J. Davidovits. Cependant le matériau de base, les cendres volantes silico-alumineuses (dites de classe F), issues de centrales thermiques à charbon, est un matériau peu disponible en France.

Dans une autre demande de brevet plus récente FR 2966823 du même inventeur est décrit un procédé de fabrication d'un liant ou ciment géopolymère comprenant une première étape de traitement d'éléments géologiques riches en oxydes de fer et en ferro-kaolinite à une température de 600 à 850 °C pendant plusieurs heures, au cours de laquelle la ferro-kaolinite devient du ferro-métakaolin, puis dans une seconde étape de les faire réagir avec un milieu réactionnel de type Ca-géopolymérique à température ambiante ou inférieure à 85°C. Les exemples de ce document indiquent que le précurseur géopolymérique qu'est ici le ferro-métakaolin est préparé lors d'un traitement thermique long (calcination à 750 °C pendant 3 heures, suivie d'un broyage) et donc très consommateur d'énergie.

La présente invention a pour but de pallier les inconvénients de l'art antérieur en proposant une composition pour matériau de construction à partir de matériaux facilement disponibles et réactifs, et à faible impact écologique : notamment ne nécessitant pas de traitement thermique long et coûteux.

Un autre but de l'invention a pour but de proposer une composition pour matériau de construction avec une quantité réduite, voire une absence de ciment ou de clinker, pouvant servir à la confection de divers modules ou éléments de construction, par moulage ou extrusion.

Un autre but de l'invention est de proposer une composition pour matériau de construction pouvant être mise en oeuvre dans un procédé de fabrication de modules ou éléments de construction en mélange avec de l'argile crue, sans nécessiter de cuisson.

A cet effet, la présente invention propose une composition pour matériau de construction comprenant une matrice refermant majoritairement un composé à base d'alumino-silicate, tel qu'un métakaolin, et une solution d'activation alcaline, caractérisée en ce qu'elle renferme une proportion massique en ciment ou clinker inférieure à **10 %** , de préférence inférieure à 5 %, de préférence encore inférieure à 1 % en poids, et en ce que le métakaolin est un métakaolin « flash ».

Le métakaolin flash (appelé aussi métakaolin flashé) est obtenu par calcination flash d'une argile en poudre à une température comprise entre 600 et 900 °C pendant quelques secondes, suivie d'un refroidissement rapide, au contraire du métakaolin «classique » qui est obtenu par calcination dans un four rotatif pendant au moins 5 heures. Sa fabrication nécessite beaucoup moins d'énergie, est un procédé à faible émission de CO2 et est moins complexe que celui du métakaolin classique puisque la

période de chauffe ne dure que quelques secondes et aucun broyage postérieur n'est nécessaire. De plus, la préparation de l'argile avant le traitement thermique est minimale. Son impact environnemental est donc plus faible et son coût est moins élevé.

- 5 Il s'avère que ce métakaolin flash est très réactif. Les inventeurs ont constaté que la demande en eau et en réactifs activateurs est beaucoup moins importante lorsqu'on utilise le métakaolin flashé, de l'ordre d'au moins 50% en réactif activateur par rapport aux métakaolins classiques.

10 Le métakaolin flash est jusqu'à maintenant utilisé comme additif dans les compositions cimentaires en proportions massiques minoritaires (inférieures à 20 %) avec du ciment Portland par exemple.

Les inventeurs ont découvert de manière surprenante qu'un tel métakaolin flash peut réagir à température ambiante (inférieure à 30°C) avec la solution d'activation alcaline en donnant des matériaux aux propriétés intéressantes, comme cela décrit plus loin.

- 15 La solution d'activation alcaline comprend avantageusement une source de silicate de sodium ou de potassium (selon la nomenclature cimentière renferme SiO_2 et M_2O), et une base alcaline, telle que NaOH et/ou KOH , (selon la nomenclature cimentière de formule M_2O , M pouvant représenter le sodium ou le potassium).

20 De préférence, la source de silicate de la solution d'activation présente un rapport molaire $\text{SiO}_2 / \text{M}_2\text{O}$ supérieur à 1,5, de préférence supérieur à 3.

De manière préférée, la solution d'activation alcaline présente un rapport molaire global $\text{SiO}_2 / \text{M}_2\text{O}$ compris entre 0,8 et 2,5, de préférence compris entre 1,0 et 2,0, de préférence encore compris entre 1,20 et 1,80, de préférence encore compris entre 1,25 et 1,65.

- 25 Les solutions d'activation utilisées en géopolymérisation sont généralement définies par leur ratio silice/alcalin.

30 Lorsque la présente invention est réalisée avec des solutions d'activation avec des ratios molaires silice /alcalin (notés $\text{SiO}_2/\text{M}_2\text{O}$) compris entre 1,25 et 1,65 on constate une plus faible propension au phénomène d'efflorescence qu'avec les formulations avec le ratio molaire inférieur à 1,2, voire inférieur à 1 des géopolymères de l'art antérieur. Ce qui est un avantage technique important. De plus, les solutions à fort ratio sont plus stables et plus simples à utiliser.

Selon une variante avantageuse de l'invention, la base alcaline de la solution d'activation alcaline est une solution aqueuse de soude NaOH. Les exemples mentionnés plus loin dans la description montrent qu'il n'est pas nécessaire d'utiliser une solution de soude très concentrée.

- 5 Dans la composition selon l'invention, la matrice peut comprendre, mélangé(s) au métakaolin flashé, un métakaolin non flashé, un ou plusieurs matériaux minéraux pulvérulents (c'est-à-dire de granulométrie avantageusement inférieure à 200 μm) qui peuvent être choisis parmi le laitier de haut fourneau, les cendres volantes de classe F, des rebuts de fabrication de chamotte et/ou de métakaolin, la wollastonite, la poudre
 10 de terre cuite, issue, en particulier de rebuts de fabrication de briqueterie, les poudres minérales présentant une activité pouzzolanique, la poudre de verre recyclée, le calcin, les cendres volantes de classe C ou la chaux éteinte.

En ce qui concerne les concentrations massiques des matériaux pulvérulents mélangés à au moins 20 % de métakaolin dans la dite matrice, ces concentrations
 15 sont avantageusement les suivantes :

- inférieures ou égales à 80 %, de préférence inférieures à 60 % et de préférence encore inférieures à 50 % pour le laitier de haut fourneau, les cendres volantes de classe F, les rebuts de fabrication de chamotte et/ou de métakaolin, la wollastonite et la poudre de terre cuite,
- 20 - inférieures ou égales à 40 %, de préférence inférieures à 25 % pour les poudres minérales présentant une activité pouzzolanique, la poudre de verre recyclée, le calcin ou les cendres volantes de classe C,
- et inférieures ou égales à 15 %, de préférence inférieures à 10 %, de préférence encore inférieures ou égales à 5 % pour la chaux éteinte.

25 Selon un mode de réalisation avantageux de la composition de l'invention, la matrice comprend du métakaolin flashé et du laitier de haut fourneau en une concentration massique en laitier inférieure ou égale à 30 % du poids total de la matrice.

De manière préférée, les proportions relatives de la solution d'activation et de la matrice sont telles que la somme totale en moles $\text{SiO}_2 + \text{M}_2\text{O}$ de la solution
 30 d'activation est comprise entre 3,5 et 6,5 mol/kg de matrice, de préférence entre 4,5 et 5,5 mol/kg de matrice.

La solution d'activation peut être une solution d'activation prête à l'emploi, telle que la solution d'activation de la catégorie GEOSIL (commercialisée par la société

WOELLNER). L'avantage est une simplification de la mise en œuvre puisque la solution d'activation n'a plus besoin d'être préparée sur site.

La composition selon l'invention peut en outre renfermer un ou plusieurs adjuvants, tels qu'un superplastifiant (par exemple de type polyacrylate ou lignosulfonate), un agent hydrofuge, un agent rétenteur d'eau ou un agent anti-retrait. Par adjuvant on entend un ajout, notamment de nature organique, en vue de modifier certaines propriétés de base, dans des proportions inférieures à 5 % en poids de la composition. La composition peut en outre comprendre des colorants ou des pigments.

La composition selon l'invention peut également renfermer un ou plusieurs additifs minéraux en poudre, choisi parmi le kaolin, l'argile crue en poudre, l'oxyde de zinc, le plâtre, le ciment alumineux fondu, le dioxyde de titane, un liant ettringitique, un fluorosilicate tel que l'hexafluorosilicate de sodium, en vue de modifier certaines propriétés de base, en concentration de préférence inférieure à 20 parties en poids, de préférence encore entre 0,5 et 10 parties en poids, pour 100 parties en poids de la matrice.

L'argile crue en poudre peut comprendre majoritairement de la kaolinite ou de la montmorillonite.

La présente invention concerne également divers procédés de réalisation d'un matériau de construction à partir de la composition de base décrite ci-dessus. Plus particulièrement :

- un procédé de réalisation d'un matériau de construction comprenant le mélange des constituants de ladite composition avec des granulats choisis parmi des fillers, des poudres, du sable, des gravillons des graviers, et/ou des fibres, et éventuellement des pigments ;
- un procédé de réalisation d'un matériau de construction comprenant le mélange de ladite composition avec de l'argile crue, de préférence dans des proportions pouvant aller jusqu'à 70 % en poids, de préférence encore jusqu'à 60 % en poids du matériau, et extrusion à froid ou moulage à froid dudit mélange ; l'obtention du matériau s'effectue sans cuisson, au contraire des matériaux classiques à base d'argile crue qui nécessitent une cuisson à une température de l'ordre de 900 à 1100 °C.
- un procédé de réalisation d'un matériau de construction comprenant le mélange de ladite composition avec des « granulats » ou fibres d'origine végétale, telles que la sciure, les copeaux et les fibres de bois, la paille, la chènevotte, le lin, le liège ou la perlite ;

- un procédé de réalisation d'un matériau de construction expansé comprenant le mélange de ladite composition avec un agent expansif ou moussant, tel que de la poudre d'aluminium, avantageusement en présence d'agent stabilisant.

Tous ces procédés peuvent être mis en œuvre à des températures comprises entre
5 0°C et 30 °C environ, sans nécessiter de traitement thermique.

Plus précisément, la matrice, réalisée à partir des composants présentés ci-dessus, est mélangée avec la solution d'activation, elle-même préparée selon la formule indiquée. L'ensemble des deux constitue alors la composition selon l'invention, se présentant sous la forme d'un liquide épais, qui est ensuite mélangée avec un ou
10 plusieurs composés neutres tels que les granulats ou les fibres, dont elle va constituer le liant. Les additifs ou adjuvants, ajoutés dans le mélange, permettent de lui conférer certaines propriétés particulières complémentaires. Ce liant, ressemblant à une résine, permet après réaction, de former avec les « granulats » et les « additifs »
15 un assemblage monolithique cohérent présentant des propriétés nouvelles par rapport aux matériaux de l'art antérieur, notamment un temps de prise court, un très faible retrait dimensionnel, un aspect de surface brillant.

La présente invention porte également sur les multiples utilisations possibles de la dite composition selon l'invention ou des procédés décrits ci-dessus, et notamment :

20 - l'utilisation de ladite composition ou dudit procédé pour la réalisation d'éléments de revêtement, en particulier des revêtements de sols, tels que des carreaux, dalles, pavés ou bordures, des revêtements de murs, tels que des éléments de façade intérieures ou extérieures, des plaquettes de parement, des éléments de bardage, ou
25 des revêtements de toitures de type tuiles, pour la réalisation de modules de construction extrudés ou moulés, telles que des briques, ou pour la réalisation de formes extrudées variées ;

- l'utilisation de ladite composition ou dudit procédé pour la réalisation de matériaux composites, tels que des panneaux de construction de type panneaux préfabriqués, de blocs préfabriqués tels que des linteaux de porte ou de fenêtre, des éléments de murs
30 préfabriqués, ou tout autre élément de construction préfabriqué ;

- l'utilisation de ladite composition avec un agent expansif ou moussant pour la réalisation de modules d'isolation, tels que des panneaux de cloisons, ou des modules de construction isolants légers (de masse volumique inférieure à 1,5 kg/L, de

préférence inférieure à 1,2 kg/L, de préférence encore inférieure à 1,0 kg/L, de préférence encore inférieure à 0,7 kg/L) ;

- l'utilisation de ladite composition pour la réalisation par fabrication additive, telle qu'au moyen d'une imprimante 3D, d'éléments de construction, de bâtiments ou de maisons, ou d'objets de décoration ; ou encore

- l'utilisation de ladite composition sous la forme d'un système bi-composant avec soit d'une part les constituants sous forme solide, et d'autre part les constituants sous forme liquide, soit les constituants sous la forme de deux pâtes, pour la réalisation de mastic, colle ou mortier de scellement, par exemple pour injection à partir d'appareil de type pistolet à cartouches renfermant chacune une partie des composants de la composition finale.

Ces deux dernières utilisations sont très difficiles à mettre en œuvre à partir de compositions à base de ciment du fait de la réaction d'hydratation de ce matériau dès son mélange avec l'eau, nécessitant la synchronisation entre l'ajout d'eau, le mélange et le dépôt de la pâte.

La présente invention va maintenant être décrite plus en détail et illustrée par les exemples, non limitatifs, ci-après.

Dans les exemples, les abréviations du tableau 1 sont utilisées pour la composition de la matrice :

Abréviation	Composant
MKF	Métakaolin flash
LHF	Laitier granulé de haut fourneau
CVS	Cendres volantes de classe F
CFX	Rebut de fabrication de Chamotte
CHX	Chaux Eteinte
WLS	Wollastonite
CCL	Poudre de verre

Tableau 1

Le métakaolin utilisé est de marque ARGICEM® de la société Argeco Développement. C'est un produit présentant une surface spécifique BET élevée (entre 5 et 6 m²/g (NF ISO 9277)). En ce qui concerne sa granulométrie, les mesures effectuées selon la

norme NF P 18-513 indiquent : passant à 0,125 mm : $\geq 95 \%$; passant à 0,08 mm : $\geq 80 \%$ et passant à 0,0063 mm : 79,5 %.

Dans tous les exemples ci-après le silicate alcalin ainsi que la base alcaline sont en solution aqueuse, leurs concentrations sont exprimées en % massique dans cette solution. La plupart du temps aucun autre ajout d'eau que l'eau de ces solutions constituant la solution d'activation n'est nécessaire. La quantité d'eau est donc la plus réduite possible. Le rapport massique eau E sur matières sèches totales MSR de la composition liante (dénommée ici « résine », ou liant) est de préférence inférieur à 1, mais variable selon le type de matrice. Par exemple E/MSR est avantageusement inférieur à 0,6 pour une matrice constituée de métakaolin flashé seul, et un rapport E/MSR voisin de 0,8 pour une matrice renfermant un mélange de métakaolin flashé et de métakaolin non flashé.

Exemple 1 :

Le tableau 2 ci-après présente des compositions variées selon l'invention : FR01 à FR11, avec indication du ratio molaire $\text{SiO}_2/\text{M}_2\text{O}$ de la solution d'activation et indication du ratio X/M en mol/kg (somme totale en moles $\text{SiO}_2 + \text{M}_2\text{O}$ de la solution d'activation par kg de matrice).

Les performances mécaniques, obtenues après mélange de la composition liante (dénommée ici « résine », ou liant) avec les granulats, puis moulage et temps de maturation à une température de 20°C sont données en terme de résistance à la compression pour un cylindre de 40 mm de diamètre pour 80 mm de hauteur. Contrairement aux formules données plus loin dans les applications, les granulats utilisés dans ces formules n'ont qu'un rôle de remplissage neutre et leur empilement n'était donc pas optimisé.

Tempo 12 est un réducteur d'eau commercialisé par la société Sika, de type polyacrylate.

Le sable fin est du sable fin de Fontainebleau de granulométrie inférieure ou égale à 1 mm, la poudre fine de calcaire est de granulométrie inférieure à 200 μm .

Dans cet exemple la prise (setting < 24h) a été estimée visuellement.

	FR01	FR02	FR03	FR04	FR05	FR06	FR07	FR08	FR09	FR10	FR11
Composition de la Résine	MKF	50	49	47	51	50	47	35	40	49	30
	LHF							10			
	CVS										20
	CFX						15				
	CHX		2							3	
	WLS			6	1						
	CCL						6				
	Ratio molaire	3,384	3,384	3,384	3,384	Sluce Am	3,384	3,384	3,384	1,691	3,384
	(%SiO ₂)	26,2	26,2	26,2	26,2	100	26,2	26,2	26,2	27,5	26,2
	(% MS)	34,2	34,2	34,2	34,2	100	34,2	34,2	34,2	44,3	34,2
Solution d'activation	Qté (%)	34	33	31	34	9	34	34	34	33	34
	Type	NaOH	NaOH	NaOH	NaOH	NaOH	NaOH	NaOH	KOH	NaOH	NaOH
	(% Mass)	32	32	32	50	32	32	32	45	32	32
	(mol.M2O/kg)	4	4	4	6,25	4	4	4	4	4	4
Eau Complémentaire	Qté (%)	16	16	16	11	28	16	16	16	8	16
	Ratio Global	1,376	1,352	1,302	1,318	1,339	1,302	1,376	1,376	1,246	1,376
Ratio X/M		5,127	4,915	4,516	5,021	5,240	4,516	5,127	5,127	5,244	5,127
Composition et Performance du Monolithe Test	Résine	49,2	50,0	51,0	49,4	49,7	52,9	49,8	48,9	50,1	49,4
	Tempo 12	0,8	0,8	1,0	0,5	0,8	0,3	0,9	0,2	1,0	0,6
	Sable Fin	35,0	35,0	34,0	35,4	35,0	35,2	35,6	35,4	34,6	35,6
	Filler Calcaire	15,0	14,2	14,0	14,7	14,5	11,6	14,4	14,6	16,3	14,4
	Setting <24H	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
	RC J+7		30,2	30		23		> 20		33,7	31,5
	RC J+28						> 40				> 25
	RC J+56	31,4	35	37,3	31	30	> 40	> 40		31,5	> 35
									38,8		
									> 40		

Tableau 2

Exemple 2 :

Le tableau 3 ci-après présente des formulations FR-N1 et FR-N2 qui présentent des performances moindres que celles de l'exemple 1. Il a été constaté que la composition de résine FR_N1 est très alcaline et produit des efflorescences, et la composition FR-N2 avec un ratio X/M supérieur à 2 présente une faible résistance mécanique (R_c à 28 jours < 5 MPa). Cet exemple montre l'importance des ratio préférés SiO_2/M_2O et X/M, pour améliorer les propriétés des matériaux préparés à partir de la composition selon l'invention et leurs performances.

			FR_N1	FR_N2	
Composition de la Résine	Matrice	MKF	50	40	
		CVS		10	
	Solution d'activation	Silicate alcalin	Ratio molaire	3,384	3,384
			(%SiO ₂)	26,2	26,2
			(%)	34,2	34,2
			Qté (%)	10	13
		Base alcaline	Type	NaOH	NaOH
			(%)	32	32
			(mol M ₂ O/kg)	4	4
	Ratio Global	SiO ₂ /M ₂ O	0,253	1,268	
	Eau Complémentaire			30	
	Ratio X/M		mol/kg	4,331	2,031

10

Tableau 3

Les exemples suivants présentent diverses applications (non limitatives) mettant en œuvre la composition de base selon la présente invention.

Exemple 3 : blocs de construction

15 Afin de produire des éléments de construction tels que, par exemple, parpaings, bordure ou autres éléments préfabriqués, la composition selon l'invention est mélangée avec des granulats de type filler, sables, gravillons et graviers de manière optimale en respectant les règles de formulation typiques pour obtenir un empilement granulaire présentant une compacité maximale.

20

Le tableau 4 ci-dessous donne deux formulations typiques de mortier (HP2A-B1 et HP2A-B2 réalisées avec sable normalisé (ISO 679 :2003, suivant la norme EN 196-1) ainsi qu'une comparaison avec un mortier à base de ciment Portland (colonne de

gauche). Les performances mécaniques ainsi que les impacts environnementaux sont indiqués.

			Ciment	HP2A_E1	%Diff vs Ciment	HP2A_E2	%Diff vs Ciment	
Formulation	Ciment Portland CEM I 52,5N	Quantité (g)	400					
	Metakaolin Fusché	Quantité (g)		211		138		
	Laitier Granulé Haut Fourneau	Quantité (g)		91		138		
	Silicate de sodium	Ratio Molaire			3,384		3,384	
		Concentration (%)			34,2		34,2	
		Quantité (g)			196		192	
	Hydroxyde de Sodium	Concentration (%)			30		30	
		Quantité (g)			106		82	
	Eau	Quantité (g)	225					
	Sable Normalisé	Quantité (g)	1350	1350		1350		
Paramètres Résine HP2A	Ratio Global SiO2/M2O	NA		1,216		1,110		
	Ratio XM (mol/kg)	NA		4,988		5,049		
Performances	Setting 2H	Qualitatif	Faible	Medium		Fort		
	Setting 12H	Qualitatif	Medium	Fort		Fort		
	Résistance à la Compression	Après 28 J (20°C)	> 40 MPa	> 40 MPa		> 40 MPa		
Impacts Environnementaux Pour 1 T de béton Produit	Energie Totale	MJ	1103	1067	-3,2	944	-14,4	
	Equivalent Petrole	TEP	0,0263	0,0255	-3,2	0,0225	-14,4	
	MP Global ADP (hors énergie)	kg Sb	0,0281	0,0182	-35,3	0,0170	-39,8	
	Rechauffement Climatique	kg CO2 eq	201,7	75,0	-62,8	68,5	-66,1	
	Acidification	kg SO2 eq	0,5441	0,4469	-17,9	0,4232	-22,2	
	Eutrophisation	kg PO4 eq	0,0591	0,0345	-41,6	0,0317	-46,3	
	Ozone Photochimique	kg C2H4 eq	0,0470	0,0418	-11,2	0,0372	-20,9	
	Human Toxicity	kg DCB eq	0,6618	0,5396	-18,4	0,5202	-21,4	

Tableau 4

- 5 Dans les paramètres d'impact environnemental de ce tableau les significations sont : MP : matières premières ; ADP : Abiotic Depletion Potentiel ; Sb : antimoine ; Human toxicity kg DCB eq : toxicité pour l'Homme exprimée en équivalent de dichlorobenzène.

Les valeurs d'impact sont ici calculées à partir notamment des données de l'ADEME, de l'EPA américaine, des Analyses de Cycle de Vie des fournisseurs et de la Portland Cement Association. Un certain nombre de points ont néanmoins pénalisé la
10 technologie de la présente invention dans les calculs de ce tableau : l'impact de l'eau n'a pas été compté pour la formule à base de ciment, la méthode de calcul par tonne de béton produit favorise la formule au ciment du fait de l'addition de l'eau et les données d'impact pour le réactif silicate de sodium datent d'avant 2000 pour une usine
15 sans traitement de fumées. A l'heure actuelle, en Europe de l'ouest les usines de production de silicate de sodium ont été mises aux normes et ont sans doute beaucoup moins d'impact pour l'environnement. Malgré ces pénalités, on constate que l'impact environnemental d'un matériau réalisé selon l'invention est très inférieur à un matériau classique et notamment au niveau du CO₂.

Exemple 4 :

Dans cet exemple sont présentées différentes formulations (HP2A-P01 à HP2A-P08) pour produire 1 kg de béton selon l'invention afin de créer notamment des éléments de construction de type parpaings à l'aide d'une presse, ou toute autre application utilisant une pâte de type béton. Les performances mécaniques sont également indiquées dans le tableau 5 regroupant ces formulations.

			HP2A_P01	HP2A_P02	HP2A_P03	HP2A_P04	HP2A_P05	HP2A_P06	HP2A_P07	HP2A_P08	
Résine	Matrice	MKF	Quantité (g)	133	150	69	84	71	75	99	73
		LHF	Quantité (g)		30	56	48	40	42	49	59
	Solution d'Activation	Silicate Alcalin	Ratio Molaire	3,384	3,384	3,384	3,384	3,384	3,384	Geosil SE	3,384
			%Massique	34,2	34,2	34,2	34,2	34,2	34,2		34,2
			Quantité (g)	89	120	83	88	74	79	104	95
		Base Alcaline	Type	NaOH	NaOH	NaOH	NaOH	NaOH	NaOH, KOH		NaOH
			%Massique	32	32	32	32	32	24 et 11		32
			Quantité (g)	44	60	42	44	40	40		37
	Additif	Type	Tempo 12	Tempo 12	LGS 50	LGS 50	LGS 50	LGS 50		Tempo 12	
		Quantité (g)	5	4	8	9	7	8		3	
	Eau	Quantité (g)							44		
	Paramètres HP2A	Ratio Global SiO2/M2O		1,336	1,327	1,317	1,327	1,265	1,321		1,533
Ratio X/M (mol/kg)			5,109	5,105	5,100	5,105	5,213	5,187		5,193	
Granulats	Filler	Poudre Argile	Quantité (g)	45	121		63		12		
		Roche 0/200	Quantité (g)			52		66	50		
		Calcaire 0/200	Quantité (g)							86	
	Sables Fins	Fin - 0/1	Quantité (g)							618	147
		Blanc - 0/1	Quantité (g)			78	77	81	79		
		Jaune - 0/2	Quantité (g)	240	61						
		Rose - 0/2	Quantité (g)			391	248	264	394		293
		Jaune - 0/4	Quantité (g)	444	454						
		Rose - 0/4	Quantité (g)								
	Medium	Rose - 2/4	Quantité (g)			221	339	357	221		293
Total pour 1 kg de Béton	Granulats (g)		729	636	742	727	768	756	704	733	
	Matrice + Solution d'activation (g)		266	360	250	264	225	236	252	264	
Performances	Setting à 24 H		Visuel	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
	Résistance à la Compression (MPa)	à 7J			39	27	25	24			
		à 14J							30	> 40	
		à 28J	28	32					> 35	> 40	

Tableau 5

LGS 50 est une solution de marque TEMBEC de Lignosulfonate de Sodium à 50%.

- 10 Parmi les fillers testés, la poudre d'argile crue (non calcinée), la poudre de calcaire, ou la poudre de roche (porphyre) ont une granulométrie inférieure à 200 µm.

Pour les sables, différentes couleurs et granulométries (fin ou médium, exprimées en mm) ont été utilisées.

Par ailleurs, il a été constaté, de manière surprenante, que l'ajout de kaolinite ou de montmorillonite, en petite quantité par rapport à la matrice, par exemple quelques parties (moins de 10 parties) en poids pour 100 parties en poids de matrice, sous forme de poudre (granulométrie inférieure à 200 μm), contribue notamment à une forte augmentation des performances mécaniques. C'est le cas en particulier de la résistance à la compression qui atteint ou dépasse 30 MPa à 5 jours et dépasse 40 MPa à 28 jours dans les compositions HP2A- P12 et HP2A-P13 (en comparaison respectivement de 24 MPa à 5 jours et de 35 MPa à 28 jours pour une formulation sans ces additifs : HP2A-P11). Les résultats sont regroupés dans le tableau 6.

				HP2A_P11	HP2A_P12	HP2A_P13
Résine	Matrice	MKF	Quantité (g)	147	147	147
	Solution d'Activation	Silicate Alcalin	Ratio Molaire	5,384	5,384	5,384
			%Massique	34,2	34,2	34,2
			Quantité (g)	97	97	97
		Base Alcaline	Type	NaOH	NaOH	NaOH
			%Massique	52	52	52
			Quantité (g)	50	50	50
	Additif			Type	Kaolinite	Montmorillonite
				Quantité (g)	12	12
	Adjuvant (Tempo 12)			Quantité (g)	7	7
Paramètres HP2A	Ratio Global SiO ₂ /M ₂ O		1,303	1,303	1,303	
	Ratio XM (mol/kg)		5,093	5,093	5,093	
Granulats	Filler	Roche 0/200	Quantité (g)	56	44	44
	Sables Fins	Fin - 0/1	Quantité (g)	66	66	66
		Rose - 0/2	Quantité (g)	369	369	369
	Médium	Rose - 2/4	Quantité (g)	208	208	208
Total pour 1 kg de Béton	Granulats (g)			699	687	687
	Matrice + Solution d'activation (g)			294	294	294
Performances	Setting à 24 H		Visuel	OK	OK	OK
	Résistance à la Compression (MPa)		à 5J	24	34	30
			à 28J	35	>40	>40

Exemple 5 : fabrication de formes moulées

Grâce à son faible retrait dimensionnel, la composition selon l'invention permet de réaliser des moulages très précis de toutes formes rendant possible la fabrication en particulier de carreaux de grandes tailles, de tuiles moulées ou de diverses formes décoratives moulées. Si elle augmente la vitesse de prise, la présence de laitier de haut-fourneau augmente toutefois le retrait dimensionnel. Ce paramètre doit être pris en compte en cas d'utilisation éventuelle de formules contenant plus de 30% de laitier.

Le traitement de la surface des produits obtenus peut être réalisé après la prise afin d'obtenir, par exemple, un effet hydrofuge ou bien d'en augmenter la dureté. De même, la couleur peut être modifiée par ajout de pigments adaptés. Le tableau 7 ci-dessous donne deux exemples de formulations (HP2A-M01 et HP2A-M02) pouvant être utilisées pour des applications de ce type avec les résultats obtenus en termes de couleur, de dureté Mohs, d'effet perlant et de performances mécaniques.

L'abréviation « Pieri H 2000 » correspond à l'agent hydrofuge de surface, de la marque Grace, Pieri Hydroxi 2000 qui donne d'excellents résultats. Pour les coloris, toutes sortes de pigments minéraux peuvent être utilisés : oxydes de fer, ocres, etc...

				HP2A_M01	HP2A_M02	
Résine	Matrice	MKF	Quantité (g)	186	105	
		LHF	Quantité (g)		56	
	Solution d'Activation	Silicate	Ratio Molaire		3,384	3,384
			%Massique		34,2	34,2
			Quantité (g)		124	107
		Alcalin	Type		NaOH	NaOH
			%Massique		32	32
			Quantité (g)		62	52
	Additif 1	Type		Tempo 12	Tempo 12	
		Quantité (g)		2	4	
	Pigment	Type			Charbon Actif	
		Quantité (g)			25	
Paramètres HP2A	Ratio Global SiO2/M2O			1,327	1,350	
	Ratio X/M (mol/kg)			5,105	5,052	
Granulats	Filler	Poudre d'Argile	Quantité (g)	125		
	Fines	Blanc - 0/1	Quantité (g)		93	
		Jaune - 0/2	Quantité (g)	188		
		Rose - 0/2	Quantité (g)		372	
		Jaune - 0/4	Quantité (g)	313		
	Medium	Rose - 2/4	Quantité (g)		186	
% Globaux	Granulats			626	651	
	Matrice + Solution d'Activation			372	320	
Traitement Complémentaire de Surface		Type		Hydrofuge	Hydrofuge	
		Nom		Pieri H 2000	Pieri H 2000	
		Mode		Pulverisation	Pulverisation	
		Dose (g/m ²)		200	200	
Résultats Produit Fini		Colonis		Terre	Anthracite	
		Effet Perlant		Excellent	Excellent	
		Dureté Mohs		3	3	
		Setting 24H		OK	OK	
		Resistance Compression (28J)		27 MPa	35 MPa	

Tableau 7

Exemple 6 : fabrication d'éléments extrudés

- 5 La composition selon l'invention, du fait de sa compatibilité avec les argiles crues, permet de réaliser des formes par extrusion à froid. La vitesse de prise très rapide doit être prise en compte dans la conduite du procédé surtout en cas de présence de composants accélérateurs. Les formes pleines comme les formes creuses sont

réalisables, la pâte à extruder ayant un comportement très proche des pâtes d'argile crues classiques.

Comme pour les autres applications, des pigments ou d'autres adjuvants peuvent être ajoutés en vue d'obtenir un effet particulier. Par ailleurs, après durcissement, les produits peuvent aussi subir un traitement de surface. Le tableau 8 donne deux exemples de formulations (HP2A-XO1 et HP2A-XO2) applicables en extrusion ainsi que les performances mécaniques obtenues.

				HP2A_XO1	HP2A_XO2	
Résine	Matrice	MKF	Quantité (g)	168	181	
		LHF	Quantité (g)		45	
	Solution d'Activation	Silicate Alcalin	Ratio Molaire		3,384	3,384
			%Massique		34,2	34,2
			Quantité (g)		109	153
		Base Alcaline	Type		NaOH	NaOH
			%Massique		32	30
			Quantité (g)		59	74
	Additif		Type		Tempo 12	Tempo 12
			Quantité (g)		7	6
	Paramètres HP2A		Ratio Global SiO ₂ /M ₂ O		1,264	1,407
Ratio X/M (mol/kg)			5,075	5,058		
Granulats	Poudre Argile		Quantité (g)	285	541	
	Sable Fin Blanc - 0/1		Quantité (g)	372		
% Globaux de la Pâte à Extruder	Granulats			65,7	54,1	
	Matrice + Solution d'activation			33,6	45,3	
	Terre Crue			28,5	54,1	
	Argiles Totaux			45,3	72,2	
Performances	Setting à 24H		Visuel	OK	OK	
	Résistance à la Compression (MPa)		à 7J	> 30	28	
			à 28J	> 30	> 30	

Les pourcentages sont des pourcentages massiques.

10

Tableau 8

Exemple 7 : fabrication de blocs expansés

Le procédé selon la présente invention permet la réalisation de blocs expansés en ajoutant à la pâte un réactif tel que la poudre d'aluminium, un agent moussant ainsi qu'un stabilisateur de mousse. La poudre d'aluminium est introduite juste avant la fin

15

du malaxage. L'intérêt de partir d'une composition selon l'invention est notamment lié à la vitesse de prise qui permet d'éviter un étuvage.

Le tableau 9 donne trois exemples de formulations (HP2A-SP01 à HP2A-SP03) avec les résultats obtenus notamment les performances mécaniques et la masse volumique du produit fini (avant et après maturation).

La formulation HP2A-SP03 (colonne de gauche) inclut en outre de la sciure (medium : 1-5 mm environ) permettant d'obtenir un matériau composite renfermant des « granulats » végétaux.

			HP2A_SP01	HP2A_SP02	HP2A_SP03	
Résine	Matrice	MKF	Quantité (g)	180	120	330
		LHF	Quantité (g)	70	80	120
	Solution d'Activation	Silicate	Ratio Molaire	3,384	3,384	3,384
			%Massique	34,2	34,2	34,2
			Quantité (g)	172	130	300
		Alcalin	Type	NaOH	NaOH	NaOH
			%Massique	32	32	32
			Quantité (g)	83	70	150
	Additif 1	Type	Tempo 12	Triton X	Tempo 12	
		Quantité (g)	4	2,5	6	
	Additif 1	Type		Emulsion Stab		
		Quantité (g)		3,5		
	Additif 1	Type		Poudre A1		
		Quantité (g)		0,8		
	Paramètres HP2A	Ratio Global SiO ₂ /M ₂ O		1,356	1,268	1,327
Ratio X/M (mol/kg)		5,220	5,077	5,105		
Granulats	Poudre Argile		Quantité (g)	50		
	Perlite (ml)		Volume (ml)	1000		
	Sciure (Medium)		Quantité (g)		800	
	Poudre Calcaire 0/200 µm		Quantité (g)		400	
Résultats	Masse Volumique		kg/L	1,1	0,9	1,8
	Resistance à la Compression		à 28J	> 10 MPa	> 5 MPa	15 MPa

10

Tableau 9

Exemple 8 : application pour colles et mastic

La composition selon l'invention peut être mise en œuvre sous la forme d'une formulation bi-composant à mélanger lors de l'emploi : deux exemples (HP2A-COL01 et HP2A-COL02) sont donnés dans le tableau 10, avec des composants A et B différents.

Des applications pour colles, mastics, et mortiers de scellement sont ainsi tout à fait envisageables, avec une mise en oeuvre très pratique pour l'utilisateur, comprenant la réaction par mélange des deux composants A et B sous formes de pâtes prêtes à l'emploi.

- 5 Le Geosil SB est une solution d'activation prête à l'emploi commercialisée par la société WOELLNER, renfermant le silicate alcalin et la base alcaline.

Calcaire : est ici une poudre fine de calcaire de granulométrie inférieure à 200µm.

		HP2A_COL01		HP2A_COL02	
		Composant A	Composant B	Composant A	Composant B
Métakaolin Flashé	Quantité (g)	100			50
Laitier Haut Fourneau	Quantité (g)				50
Silicate Alcalin	Ratio Molaire	3,384		Geosil SB	
	% Massique	34,2			
	Quantité (g)	65		100	
Base Alcaline	Type		NaOH		
	% Massique		30		
	Quantité (g)		35		
Additif	Type	Tempo 12	Tempo 12	Tempo 12	Tempo 12
	Quantité (g)	1	2	2	2
Eau	Quantité (g)				40
Calcaire	Quantité (g)		100	100	
Setting 24H	Visuel	Oui		Oui	
Resistance à la Compression	à 28J	> 25 MPa		> 30 MPa	

Tableau 10

- 10 Une telle « colle » 100 % minérale présente l'avantage d'une ininflammabilité et une absence de Composés Organiques Volatils, par rapport aux colles renfermant des produits et/ou solvants organiques. Elle est en outre compatible avec les autres éléments de construction minéraux et permet de réaliser, par exemple par injection au moyen de deux cartouches renfermant respectivement les composants A et B, une
- 15 opération de type réparation, de jonction d'éléments de construction (scellement) ou d'enduction d'une surface.

En résumé, les tableaux 11 et 12 ci-après regroupent les différents avantages constatés par les inventeurs entre les matériaux obtenus par le procédé selon la présente invention et respectivement le procédé mettant en oeuvre le ciment Portland

20 (tableau 10) et les procédés utilisant la terre cuite (tableau 12).

Propriétés	Ciment Portland	Invention
Temps de prise	> 3 h	10 – 60 min
Temps pour obtenir 50% de Rc28J	7 – 14 J	1 – 2 J
Tenue au feu	650°C	1000°C
Effet ignifuge	Faible	Fort
Résistance aux ions sulfate	Faible	Très forte
Résistance aux ions chlorure	Moyenne	Très forte
Protection Anticorrosion des armatures acier	Moyen terme	Long terme
Retrait dimensionnel	Moyen	Très faible
Propriétés adhésives sur matériau pierre	Moyenne	Très forte
Capacité d'intégrer de l'argile dans les formulations	Très faible	Importante
Performances mécaniques avec matériaux organiques	Moyenne	Très bonnes
Capacité d'échange de vapeur d'eau	Faible	Importante
Aspect brillant de la surface	Non	Oui
Consommation en ressources naturelles (incluant énergie)	Moyenne	Faible
Impact environnemental (CO2, SO2, etc...)	Fort	Faible

Tableau 11

Propriétés	Terre cuite	Invention
Complexité de l'installation	Forte	Faible
Opération de fabrication	Cuisson	T° Ambiante
Compatibilité avec granulats variés (fibres végétales, ...)	Non	Oui
Variété des formes réalisables	Faible	Importante
Variété des couleurs réalisables	Faible	Importante
Retrait dimensionnel	Moyen	Très faible
Aspect brillant de la surface	Non	Oui

5

Tableau 12

REVENDEICATIONS

1. Composition pour matériau de construction comprenant une matrice refermant
5 majoritairement un métakaolin, et une solution d'activation alcaline,
caractérisée en ce qu'elle renferme une proportion massique en ciment ou clinker
inférieure à 10 %, en ce que le métakaolin est un métakaolin « flashé » obtenu par
calcination flash d'une argile en poudre à une température comprise entre 600 et 900
°C pendant quelques secondes, suivie d'un refroidissement rapide, et en ce que la
10 solution d'activation alcaline comprend une source de silicate de sodium ou de
potassium, selon la nomenclature cimentière renfermant SiO₂ et M₂O, et une base
alcaline, telle que NaOH et/ou KOH, notée M₂O selon la nomenclature cimentière, M
représentant le sodium ou le potassium, les proportions relatives de la solution
d'activation et de la matrice étant telles que la somme totale en moles SiO₂ + M₂O de
15 la solution d'activation est comprise entre 4,5 et 5,5 mol/kg de matrice.
2. Composition selon la revendication 1, caractérisée en ce qu'elle renferme une
proportion massique en ciment ou clinker inférieure à 5 %, de préférence inférieure à 1
%.
3. Composition selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que la
20 source de silicate de la solution d'activation présente un rapport molaire SiO₂ /M₂O
supérieur à 1,5, de préférence supérieur à 3.
4. Composition selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée
en ce que la solution d'activation alcaline présente un rapport molaire global SiO₂
/M₂O compris entre 0,8 et 2,5, de préférence compris entre 1,0 et 2,0, de préférence
25 encore compris entre 1,20 et 1,80, de préférence encore compris entre 1,25 et 1,65.
5. Composition selon l'une quelconque des revendications 2 à 4, caractérisée en ce
que la base alcaline de la solution d'activation alcaline est une solution aqueuse de
soude NaOH.
6. Composition selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée
30 en ce que la matrice comprend, mélangé(s) au métakaolin flashé, un métakaolin non
flashé, un ou plusieurs matériaux minéraux pulvérulents c'est-à-dire de granulométrie
avantageusement inférieure à 200 µm choisis parmi le laitier de haut fourneau, les
cendres volantes de classe F, des rebuts de fabrication de chamotte et/ou de
métakaolin, la wollastonite, la poudre de terre cuite, issue, en particulier de rebuts de

fabrication de briqueterie, les poudres minérales présentant une activité pouzzolanique, la poudre de verre recyclée, le calcin, les cendres volantes de classe C ou la chaux éteinte.

7. Composition selon la revendication 6, caractérisée en ce que les concentrations massiques des matériaux pulvérulents dans la dite matrice, mélangés à au moins 20 % de métakaolin sont les suivantes :

- inférieures ou égales à 80 %, de préférence inférieures à 60 % et de préférence encore inférieures à 50 % pour le laitier de haut fourneau, les cendres volantes de classe F, les rebuts de fabrication de chamotte et/ou de métakaolin, la wollastonite et la poudre de terre cuite,

- inférieures ou égales à 40 %, de préférence inférieures à 25 % pour les poudres minérales présentant une activité pouzzolanique, la poudre de verre recyclée, le calcin ou les cendres volantes de classe C,

- et inférieures ou égales à 15 %, de préférence inférieures à 10 %, de préférence encore inférieures ou égales à 5 % pour la chaux éteinte.

8. Composition selon la revendication 6 ou 7, caractérisée en ce que la matrice comprend du métakaolin flashé et du laitier de haut fourneau en une concentration massique en laitier inférieure ou égale à 30 % du poids total de la matrice.

9. Composition selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce qu'elle renferme un ou plusieurs adjuvants, tels qu'un superplastifiant, un agent hydrofuge, un agent rétenteur d'eau ou un agent anti-retrait.

10. Composition selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce qu'elle renferme un ou plusieurs additifs minéraux en poudre, choisi(s) parmi le kaolin, l'argile crue en poudre, l'oxyde de zinc, le plâtre, le ciment alumineux fondu, le dioxyde de titane, un liant ettringitique, un fluorosilicate tel que l'hexafluorosilicate de sodium, en concentration de préférence inférieure à 20 parties en poids, de préférence encore entre 0,5 et 10 parties en poids, pour 100 parties en poids de la matrice.

11. Composition selon la revendication 10 caractérisé en ce que l'argile crue en poudre comprend majoritairement de la kaolinite ou de la montmorillonite.

12. Procédé de réalisation d'un matériau de construction comprenant le mélange des constituants de la composition selon l'une quelconque des revendications précédentes avec des granulats choisis parmi des fillers, des poudres, du sable, des gravillons des graviers, et/ou des fibres, et éventuellement des pigments.

13. Procédé de réalisation d'un matériau de construction comprenant le mélange de la composition selon l'une quelconque des revendications 1 à 11 avec de l'argile crue, de préférence dans des proportions pouvant aller jusqu'à 70 % en poids, de préférence encore jusqu'à 60 % en poids du matériau, et extrusion à froid ou moulage à froid dudit mélange.
14. Procédé de réalisation d'un matériau de construction comprenant le mélange de la composition selon l'une quelconque des revendications 1 à 11 avec des « granulats » ou fibres d'origine végétale, telles que la sciure, les copeaux et les fibres de bois, la paille, la chènevotte, le lin, le liège ou la perlite.
15. Procédé de réalisation d'un matériau de construction expansé comprenant le mélange de la composition selon l'une quelconque des revendications 1 à 11 avec un agent expansif ou moussant, tel que de la poudre d'aluminium.
16. Utilisation de la composition selon l'une quelconque des revendications 1 à 11 ou du procédé selon l'une des revendication 12 ou 13 pour la réalisation d'éléments de revêtement, en particulier des revêtements de sols, tels que des carreaux, dalles, pavés ou bordures, des revêtements de murs, tels que des éléments de façade intérieures ou extérieures, des plaquettes de parement, des éléments de bardage, ou des revêtements de toitures de type tuiles, pour la réalisation de modules de construction extrudés ou moulés, telles que des briques, ou pour la réalisation de formes extrudées variées.
17. Utilisation de la composition selon l'une quelconque des revendications 1 à 11 ou du procédé selon la revendication 14 pour la réalisation de matériaux composites, tels que des panneaux de construction de type panneaux préfabriqués, de blocs préfabriqués tels que des linteaux de porte ou de fenêtre, des éléments de murs préfabriqués, ou tout autre élément de construction préfabriqué.
18. Utilisation de la composition selon l'une quelconque des revendications 1 à 11 ou du procédé selon la revendication 15 pour la réalisation de modules d'isolation, tels que des panneaux de cloisons, ou des modules de construction isolants légers de masse volumique inférieure à 1,5 kg/L, de préférence inférieure à 1,2 kg/L, de préférence encore inférieure à 1,0 kg/L, de préférence encore inférieure à 0,7 kg/L.
19. Utilisation de la composition selon l'une quelconque des revendications 1 à 11 pour la réalisation par fabrication additive, telle qu'au moyen d'une imprimante 3D, d'éléments de construction, de bâtiments ou de maisons, ou d'objets de décoration.

20. Utilisation de la composition selon l'une quelconque des revendications 1 à 11 sous la forme d'un système bi-composant avec soit d'une part les constituants sous forme solide, et d'autre part les constituants sous forme liquide, soit les constituants sous la forme de deux pâtes, pour la réalisation de mastic, colle ou mortier de scellement.

RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

Le demandeur a maintenu les revendications.

Le demandeur a modifié les revendications.

Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION

US 2012/192765 A1 (HUYNH HIEU THAO [FR]) 2 août 2012 (2012-08-02)

WO 01/40135 A2 (ENGELHARD CORP [US]) 7 juin 2001 (2001-06-07)

T.W. CHENG ET AL: "Fire-resistant geopolymer produced by granulated blast furnace slag", MINERALS ENGINEERING., vol. 16, no. 3, 1 mars 2003 (2003-03-01), pages 205-210, XP55243661, GB ISSN: 0892-6875, DOI: 10.1016/S0892-6875(03)00008-6

2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL

NEANT

3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES

NEANT