

ROYAUME DE BELGIQUE

NUMERO DE PUBLICATION : 1017180A3

SPF ECONOMIE, P.M.E.,  
CLASSES MOYENNES & ENERGIE

NUMERO DE DEPOT : 2005/0598

Classif. Internat. : C04B

Date de délivrance le : 01 Avril 2008

Office de la Propriété intellectuelle

**Le Ministre de l'Economie,**

Vu la Convention de Paris du 20 Mars 1883 pour la Protection de la propriété intellectuelle;

Vu la loi du 28 Mars 1984 sur les brevets d'invention, notamment l'article 22;

Vu l'arrêté royal du 2 Décembre 1986 relatif à la demande, à la délivrance et au maintien en vigueur des brevets d'invention, notamment l'article 28;

Vu le procès verbal dressé le 12 Décembre 2005 à 14H30 à l'Office de la Propriété Intellectuelle

**ARRETE:**

ARTICLE 1.- Il est délivré à : COMRIE Douglas C.  
Meadowlark Trail 4281, US-44224 STOW OHIO(ETATS-UNIS D'AMERIQUE)

représenté(e)(s) par : CLAEYS Pierre, GEVERS & VANDER HAEGHEN, Holidaystraat 5, - B 1831 DIEGEM.

un brevet d' invention d' une durée de 20 ans, sous réserve du paiement des taxes annuelles, pour : MATERIAUX CIMENTAIRES COMPRENANT UN LAITIER D'ACIER INOXYDABLE ET UN GEOPOLYMERE.

INVENTEUR(S) : Comrie Douglas C., Meadowlark Trail 4281, US-44224 Stow Ohio (US)

PRIORITE(S) 21.03.05 US USA11085478

ARTICLE 2.- Ce brevet est délivré sans examen préalable de la brevetabilité de l'invention, sans garantie du mérite de l'invention ou de l'exactitude de la description de celle-ci et aux risques et périls du(des) demandeurs(s).

Pour expédition certifiée conforme

Bruxelles, le 01 Avril 2008  
PAR DELEGATION SPECIALE :

  
**S. DRISQUE S.**  
Conseiller  
**S. DRISQUE**  
Conseiller**.be**

MATERIAUX CIMENTAIRES COMPRENANT UN LAITIER D'ACIER  
INOXYDABLE ET UN GEOPOLYMERE

La présente invention concerne les matériaux cimentaires, et plus particulièrement concerne l'utilisation de mélanges de laitier d'acier inoxydable et d'un géopolymère comme substituts partiels ou totaux de ciments pour une utilisation dans le béton et équivalent.

Les ciments Portland sont des ciments hydrauliques qui réagissent chimiquement et durcissent avec l'addition d'eau. Les ciments Portland contiennent du calcaire, de l'argile, de la marne et du minerai de fer mélangés et chauffés à une température d'environ 1425-1650°C (2600-3000°F). Le produit résultant est par la suite broyé pour l'amener à la consistance d'une poudre et mélangé avec du gypse pour contrôler le temps de prise. Le ciment Portland est utilisé dans de nombreuses applications architecturales, de maçonnerie et de construction, et particulièrement comme béton pour les routes, les voies de circulation, les dalles, les sols, les murs, les structures précontraintes et équivalent.

Les applications architecturales et de construction telles que les routes, les ponts, les constructions commerciales et résidentielles et les systèmes fluviaux, qui nécessitent une quantité significative de béton à base de ciment, bénéficieraient d'un matériau cimentaire à faible coût qui réduit ou élimine la dépendance vis à vis de la disponibilité du calcaire, de l'argile, de la marne et du minerai de fer. Par exemple, le brevet US 5 820 668, joint à ce document en référence, décrit des compositions liantes inorganiques qui peuvent être utilisées comme substituts partiels ou totaux du ciment Portland pour de telles applications. Les compositions

liantes inorganiques comprennent des matériaux tels que les cendres volantes,  $Al_2O_3$ , la pouzzolane, la syénite à néphéline, le silicate d'aluminium, l'hydroxyde de sodium, l'acide silicique, le sel de potassium et le sel  
5 de sodium.

Les applications architecturales et de construction qui sont soumises à des contraintes en fatigue, à l'action de la pluie acide et/ou du sel de voirie, telles que les routes, les ponts, les aménagements de transport  
10 et les applications de grande hauteur, bénéficieront en plus d'un matériau cimentaire présentant une durabilité améliorée, une résistance à l'acide améliorée et une résistance à la pénétration rapide des ions chlorures améliorée. Avec la popularité croissante des compositions  
15 alternatives au ciment et le désir de réutiliser des sous-produits de fabrication tels que le laitier d'acier inoxydable, un matériau cimentaire qui incorpore un matériau sous-produit de fabrication et présente des propriétés améliorées est hautement désirable. En  
20 conséquence, un besoin subsiste pour un matériau cimentaire écologique rentable qui incorpore du laitier d'acier inoxydable et présente une durabilité améliorée, une résistance à l'acide améliorée et une résistance à la pénétration rapide des ions chlorures améliorée.

25 La présente invention a été développée en vue de ce qui précède.

La présente invention concerne un matériau cimentaire comprenant du laitier d'acier inoxydable et un géopolymère, lequel peut être ajouté à des compositions  
30 traditionnelles à base de ciment hydraulique, comme le ciment Portland, comme remplacement partiel ou total de matériaux traditionnels à base de ciment.

C'est un aspect de la présente invention de proposer un matériau cimentaire comprenant un géopolymère et du laitier d'acier inoxydable.

5 C'est un autre aspect de la présente invention de proposer un matériau cimentaire comprenant du ciment hydraulique, du laitier d'acier inoxydable et un géopolymère.

10 C'est un autre aspect de la présente invention de proposer un mélange ayant réagi d'un géopolymère, de laitier d'acier inoxydable et d'eau.

15 C'est encore un autre aspect de la présente invention de proposer un procédé de fabrication d'un matériau cimentaire ayant réagi, le procédé comprenant le mélange de ciment hydraulique, de laitier d'acier inoxydable, de géopolymère, et d'eau.

Ceux-ci et d'autres aspects de la présente invention apparaîtront de manière plus évidente à partir de la description suivante.

20 Des domaines d'application supplémentaires de la présente invention apparaîtront évidents à partir de la description détaillée fournie ci-après. Il devrait être compris que la description détaillée et les exemples spécifiques, tout en indiquant les modes de réalisation préférés de l'invention, ont seulement pour but  
25 d'illustrer et n'ont pas pour intention de limiter l'étendue de l'invention.

30 Dans un mode de réalisation, l'invention propose un matériau cimentaire contenant un géopolymère et du laitier d'acier inoxydable, et de manière facultative contenant en outre des matériaux traditionnels à base de ciment comme le ciment Portland. Dans divers modes de réalisation, le matériau contient un composant activateur comprenant au moins un élément parmi le bromure de

calcium, le nitrate de calcium, le nitrite de calcium, le chlorure de calcium, l'oxyde de calcium, et le bromure de sodium, dans lequel ledit composant activateur ou lesdits composants activateurs sont ajoutés au matériau en tant  
5 qu'ingrédients séparés. Le matériau est préparé en mélangeant des compositions comprenant le géopolymère, du laitier d'acier inoxydable, et de manière facultative un matériau traditionnel à base de ciment. Dans un mode de réalisation préféré, le composant activateur est ajouté à  
10 la composition contenant le géopolymère avant de mélanger les compositions contenant le géopolymère, du laitier d'acier inoxydable, et de manière facultative un matériau traditionnel à base de ciment comme le ciment Portland pour former le matériau cimentaire.

15 Dans un autre mode de réalisation, l'invention propose un mélange ayant réagi du géopolymère, de laitier d'acier inoxydable et d'eau, et contenant de plus un des composants activateurs décrit ci-dessus. Dans divers modes de réalisation, le mélange ayant réagi comprend en  
20 outre un ciment traditionnel comme le ciment Portland. Les mélanges ayant réagi sont préparés en combinant un liant avec des granulats et de l'eau, et en permettant aux matériaux combinés de durcir pour donner un matériau ayant réagi avec une résistance à la compression élevée.  
25 Le liant est constitué du géopolymère, de laitier d'acier inoxydable, et de manière facultative de ciment traditionnel comme le ciment Portland.

A titre d'illustration, un matériau cimentaire, comme décrit ci-dessus, est utilisé comme liant dans un  
30 mélange béton qui contient le matériau cimentaire et le matériau granulaire tel que le sable et le gravier. Des compositions de béton prêt à l'emploi sont aussi proposées lesquelles contiennent le mélange béton et l'eau. Comme on le connaît dans le métier, les

compositions de béton prêt à l'emploi sont versées dans des moules et laissées à durcir ou faire leur prise par action de l'eau sur les matériaux liants de la composition afin de former un matériau cimentaire durci  
5 comprenant le mélange ayant réagi noté ci-dessus. Le mélange ayant réagi prend la forme de divers ouvrages manufacturés utiles dans diverses applications architecturales et de construction. Les ouvrages manufacturés réalisés par durcissement des compositions  
10 comprennent sans limitation les tabliers de pont, les piliers de construction, les chaussées, les bordures, les parpaings, les rigoles, les conduites, etc. Dans divers mode de réalisation, les compositions de ciment et de béton de l'invention fournissent des avantages comme  
15 l'amélioration de la résistance à la compression et/ou l'évolution plus rapide de la résistance (durcissement plus rapide).

Dans un aspect, l'invention propose un procédé amélioré de préparation d'un matériau cimentaire ayant  
20 réagi, en mélangeant de l'eau, de manière facultative des granulats, du laitier d'acier inoxydable, du géopolymère, et de manière facultative du ciment hydraulique comme le ciment Portland pour former un mélange réactif.

L'amélioration implique de fournir le mélange réactif  
25 avec un ou plusieurs composants activateurs choisis dans le groupe constitué par le bromure de calcium, le nitrate de calcium, le nitrite de calcium, le chlorure de calcium, l'oxyde de calcium, et le bromure de sodium.

Dans divers modes de réalisation, les améliorations  
30 impliquent des temps de durcissement plus courts (évolution rapide de la résistance à la compression) et/ou une résistance à la compression plus élevée.

Les matériaux cimentaires de la présente invention comprennent du laitier d'acier inoxydable et du

géopolymère. Comme utilisé dans ce document, le terme « matériau cimentaire » signifie un matériau liant activé par l'eau qui durcit à la suite d'une activation ou simultanément à celle-ci. Dans divers modes de

5 réalisation, des mélanges de laitier d'acier inoxydable et de géopolymère sont ajoutés à des compositions de ciment hydraulique traditionnel, comme le ciment Portland, en tant que substituts partiels de matériaux traditionnels à base de ciment. Autrement, les mélanges

10 de laitier d'acier inoxydable et de géopolymère peuvent être utilisés pour des remplacements en totalité des matériaux à base de ciment.

Le laitier d'acier inoxydable est un sous-produit du procédé de fabrication de l'acier inoxydable. La

15 production d'acier inoxydable nécessite que certains éléments d'alliage soient ajoutés à une composition d'acier en fusion. Les impuretés résultantes des éléments d'alliage ajoutés et toutes les impuretés présentes dans la composition d'acier en fusion sont éliminées du four

20 de production d'acier inoxydable pour produire un acier inoxydable de qualité commerciale. Le laitier d'acier inoxydable comprend les impuretés provenant de l'acier et/ou des éléments d'alliage supplémentaires éliminés en tant que sous-produits du four de production d'acier

25 inoxydable. Le laitier généralement se présente comme une coulée liquide et est une solution complexe de silicates et d'oxydes qui se solidifie en refroidissant. Le laitier d'acier inoxydable peut comprendre des silicates, des oxydes et d'autres composés à base de calcium, silicium,

30 magnésium, fer, aluminium, manganèse, titane, soufre, chrome et nickel. Par exemple, le laitier d'acier inoxydable peut comprendre du silicate de calcium et/ou de l'oxyde de calcium. Dans un mode de réalisation, le laitier d'acier inoxydable peut comprendre d'environ 80 à

environ 99 % en poids de silicate de calcium. Dans un exemple non limitatif, un laitier d'acier inoxydable typique contient environ 0,2 % en poids à environ 50 % en poids de Ca ; environ 0,5 % en poids à environ 65 % en poids de Si ; environ 0,1 % en poids à environ 5 % en poids de Mg ; environ 0,1 % en poids à environ 6 % en poids de Fe ; environ 1 % en poids à environ 40 % en poids d'Al ; environ 0,1 % en poids à environ 1 % en poids de Mn ; environ 0,1 % en poids à environ 0,5 % en poids de Ti ; environ 0,01 % en poids à environ 2,5 % en poids de S ; environ 0,3 % en poids à environ 5 % en poids de Cr ; et environ 0,01 % en poids à environ 1 % en poids de Ni. Dans un autre mode de réalisation, le laitier d'acier inoxydable contient environ 30 % en poids de Ca ; environ 12 % en poids de Si ; environ 7 % en poids de Mg ; environ 4 % en poids de Fe ; environ 3 % en poids d'Al ; environ 1 % en poids de Mn ; environ 0,5 % en poids de Ti ; environ 0,2 % en poids de Cr et environ 0,04 % en poids de Ni.

Le laitier d'acier inoxydable est généralement refroidi et fourni sous la forme de particule relativement fine. Si désiré, une opération de broyage ou de pulvérisation peut être utilisée pour réduire la taille de particule du laitier, par exemple, jusqu'à une taille approchant la taille de particule du ciment Portland. Dans un mode de réalisation, le laitier d'acier inoxydable a une taille de particule moyenne d'environ 100 %-200 mesh à environ 45 %-325 mesh. De préférence, le laitier d'acier inoxydable a une taille de particule moyenne d'environ 80 %/200 mesh à environ 95 %/325 mesh. Dans un mode de réalisation, le laitier d'acier inoxydable possède une taille de particule moyenne inférieure à environ 100 micromètres. Dans un autre mode de réalisation, le laitier d'acier inoxydable a une

taille de particule moyenne d'environ 1 micromètres à environ 50 micromètres. Le laitier d'acier inoxydable peut être fourni sous la forme d'une poudre grise ayant une densité typique d'environ 2,8.

5 En plus du laitier d'acier inoxydable, les matériaux cimentaires présents comprennent un géopolymère. Le terme « géopolymère » comprend des matériaux amorphes à semi cristallins comprenant le silicate d'aluminium et/ou le silicate de magnésium soit sous la forme d'un solide ou  
10 ayant réagi avec de l'eau. Le géopolymère est un ciment qui forme un réseau polymère inorganique étendu par réaction avec l'eau. Le géopolymère peut être fourni sous la forme d'une poudre, d'un liquide, ou d'une poudre et d'un liquide que l'on doit mélanger. Comme utilisé dans  
15 ce document, un géopolymère représente des matériaux équivalents à du ciment autres que les ciments hydrauliques traditionnels. Des exemples de ciments traditionnels non inclus par le terme géopolymère comprennent le ciment Portland, le ciment de type K, et  
20 le ciment de mortier. Dans divers modes de réalisation, le géopolymère comprend un ou plusieurs éléments parmi la pouzzolane, la cendre volante F, la cendre volante C, la syénite à néphéline, et la silice fumée.

Dans un mode de réalisation préféré, un composant  
25 activateur est fourni comme un composant de la composition contenant le géopolymère. Dans divers modes de réalisation, l'activateur comprend au moins un composant parmi le bromure de calcium, le nitrate de calcium, le nitrite de calcium, le chlorure de calcium,  
30 l'oxyde de calcium, et le bromure de sodium. Dans divers modes de réalisation, l'activateur comprend en outre un ou plusieurs composants parmi l'acide silicique, un sel de sodium, et un sel de potassium. Le sel de sodium

correspond au silicate de sodium et le sel de potassium au silicate de potassium.

A titre d'illustration, un type de géopolymère comprend de la pouzzolane, du silicate aluminium anhydre, de l'acide silicique et un sel de potassium et/ou de sodium. La pouzzolane comprend généralement de l'oxyde d'aluminium et de l'oxyde de silicium. Un autre type de géopolymère comprend de la cendre volante, de la pouzzolane, de l'acide silicique et un sel de potassium et/ou de sodium. Un autre type de géopolymère comprend de la pouzzolane, de la syénite à néphéline, du silicate aluminium hydraté, de l'hydroxyde de sodium hydraté, de l'acide silicique et un sel de potassium et/ou de sodium. Encore un autre type de géopolymère comprend de la cendre volante, de la silice fumée et de l'oxyde d'aluminium.

Un type de géopolymère comprend environ 5 à environ 20 % en poids de silice fumée ou de pouzzolane ; environ 40 à environ 60 % en poids de silicate d'aluminium anhydre ; environ 1 à environ 25 % en poids d'acide silicique ; et environ 1 à environ 25 % en poids d'un sel de potassium et/ou d'un sel de sodium. Dans un autre mode de réalisation, le géopolymère peut en outre comprendre un polysialate et/ou un polysialate-siloxo mélangé avec un ou plusieurs éléments parmi : la cendre volante F ; la cendre volante C ; la silice fumée ;  $Al_2O_3$  ; la pouzzolane ; la syénite à néphéline ; le silicate d'aluminium anhydre ; le silicate d'aluminium hydraté ; l'hydroxyde de sodium hydraté ; l'acide silicique ; un sel de potassium ; et un sel de sodium pour former un mélange de polysialate et/ou de polysialate-siloxo. Dans un autre mode de réalisation, le géopolymère comprend environ 3 % en poids à environ 15 % en poids de mélange de polysialate et/ou de polysialate-siloxo. Dans encore un autre mode de réalisation, le géopolymère comprend

environ 10 % en poids à environ 15 % en poids de mélange de polysialate et/ou de polysialate-siloxo. Quelques exemples de géopolymères sont listés dans les exemples 1 à 5 ci-dessous. Dans quelques-uns des exemples, le géopolymère est fourni sous la forme d'un constituant solide en poudre, dans d'autres exemples le géopolymère est fourni en partie sous la forme d'un constituant solide en poudre et en partie sous la forme d'un constituant liquide. Par exemple, les géopolymères comprenant de l'acide silicique et un sel de potassium et/ou de sodium comprennent généralement ces constituants sous une forme liquide. Les valeurs listées dans les exemples 1 à 5 sont des pourcentages en poids.

Dans les divers modes de réalisation, le matériau cimentaire contenant un géopolymère et du laitier d'acier inoxydable contient un composant activateur, de préférence à une teneur qui améliore les caractéristiques de durcissement du matériau. Dans un mode de réalisation, le matériau contient 0,01 à environ 10 % en poids d'un ou plusieurs composants activateurs choisis dans le groupe constitué par le bromure de calcium, le nitrate de calcium, le nitrite de calcium, le chlorure de calcium, et le bromure de sodium. De préférence, la teneur en activateur est au moins de 0,1 % et de manière encore préférée au moins de 0,5 %. Dans divers modes de réalisation, la teneur en activateur est inférieure ou égale à 5 %. Des mélanges des activateurs notés ci-dessus peuvent aussi être utilisés. Dans divers modes de réalisation, une quantité de 0,5 % à 5 %, de préférence de 1 à 4 % de chacun ou de plusieurs des activateurs est fournie. En plus ou à la place des activateurs notés ci-dessus, le matériau cimentaire dans divers modes de réalisation est fourni avec environ 0,1 à environ 40 % en poids d'oxyde de calcium, de préférence jusqu'à environ

30 % et de manière encore préférée jusqu'à en viron 20 %. Bien que la théorie de l'activation ne limite pas l'invention, on pense que l'oxyde de calcium sert à la fois d'activateur pour le durcissement des mélanges  
5 contenant du géopolymère, du laitier d'acier inoxydable, et de manière facultative du ciment Portland et de composant de durcissement de la pouzzolane ou des autres composants à base de ciment autres que le ciment Portland qui ont besoin d'oxyde de calcium pour durcir.

10 Le composant activateur peut être fourni dans le matériau cimentaire de diverses façons. Dans un mode de réalisation préféré, l'activateur est fourni en mélange dans la composition contenant le géopolymère. Dans cet aspect, les activateurs peuvent partiellement ou  
15 complètement remplacer ou substituer l'acide silicique, le sel de sodium, le sel de potassium dans les compositions décrites ci-dessus. Autrement, les activateurs peuvent être fournis en mélange dans les compositions contenant le laitier d'acier inoxydable. Les  
20 composants activateurs peuvent aussi être fournis sous la forme d'une composition séparée qui est ensuite mélangée avec les compositions contenant le géopolymère et/ou le laitier d'acier inoxydable. Enfin, les activateurs peuvent être fournis en mélange dans des compositions qui  
25 contiennent des ciments traditionnels comme le ciment Portland. Des combinaisons des procédures ci-dessus peuvent aussi être utilisées. Les activateurs peuvent être ajoutés à n'importe laquelle des compositions soit sous la forme d'un composant sec ou d'un liquide, le  
30 dernier étant habituellement sous la forme d'une solution aqueuse.

Dans un mode de réalisation supplémentaire, les activateurs solubles dans l'eau choisis parmi le bromure de calcium, le nitrate de calcium, le nitrite de calcium,

le chlorure de calcium, l'oxyde de calcium et le bromure de sodium sont ajoutés avec l'eau utilisée pour produire les compositions prêtes à l'emploi et les mélanges ayant réagi décrits ci-dessus. De cette manière, des mélanges  
 5 ayant réagi comprenant un ou plusieurs de ces activateurs sont préparés.

Exemple 1

pouzzolane	4 à 10 % ;
silicate d'aluminium anhydre	5 à 10 % ;
acide silicique	1 à 5 % ; et
sel de potassium	1 à 5 %.

10 Exemple 2

cendres volantes C	5 à 20 % ;
pouzzolane	4 à 10 % ;
acide silicique	1 à 5 % ; et
sel de potassium et/ou sel de sodium	1 à 5 %.

Exemple 3

pouzzolane	4 à 10 % ;
syénite à néphéline	4 à 10 % ;
silicate d'aluminium hydraté	1 à 5 % ;
hydroxyde de sodium hydraté	1 à 5 % ;
acide silicique	1 à 5 % ; et
sel de potassium et/ou sel de sodium	1 à 5 %.

Exemple 4

cendres volantes F	5 à 20 % ;
silice fumée	4 à 10 % ; et
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1 à 8 %.

15

Exemple 5

pouzzolane	4 à 10 % ;
------------	------------

silicate d'aluminium anhydre	5 à 10 % ;
acide silicique	1 à 5 % ; et
sel de sodium	1 à 5 %.

Dans un mode de réalisation, une composition de géopolymère contenant les constituants décrits ci-dessus et illustrée d'une manière non limitative dans les exemples 1 à 5 est combinée avec des quantités désirées de laitier d'acier inoxydable pour former un matériau cimentaire comprenant un mélange laitier/géopolymère. Dans un autre mode de réalisation, les quantités de constituants géopolymères listés dans les exemples 1 à 5 sont combinés avec des quantités désirés de laitier d'acier inoxydable, et de ciment traditionnel (par exemple, le ciment Portland) afin de produire un matériau cimentaire. Les pourcentages en poids listés dans les exemples 1 à 5 représentent la portion géopolymère du matériau cimentaire, avec le solde comprenant du laitier d'acier inoxydable et de manière facultative du ciment traditionnel, des granulats et/ou d'autres matériaux. Dans divers modes de réalisation, un composant activateur choisi dans le groupe constitué par le bromure de calcium, le nitrate de calcium, le nitrite de calcium, le chlorure de calcium, l'oxyde de calcium, et le bromure de sodium est ajouté au matériau cimentaire en mélange avec une ou plusieurs des compositions parmi la composition contenant le géopolymère, la composition contenant le laitier d'acier inoxydable, et la composition contenant le ciment traditionnel facultatif comme le ciment Portland. Dans ces modes de réalisation, le matériau cimentaire contient 0,01 à 10 % en poids des activateurs, l'oxyde de calcium non compris. Le matériau cimentaire contient de 0 à 40 % en poids d'oxyde de calcium.

Les quantités de géopolymère et de laitier d'acier inoxydable présents dans le mélange laitier/géopolymère sont listées ci-dessous dans le tableau 1. Les valeurs listées dans le tableau 1 sont des pourcentages en poids.

5

Tableau 1

Mélange laitier d'acier inoxydable/géopolymère

	Géopolymère (% en poids)	Laitier d'acier inoxydable (% en poids)
Gamme typique	1 à 99,9	0,1 à 99
Gamme souhaitée	5 à 95	5 à 95
Gamme préférée	10 à 50	50 à 90
Gamme préférée entre toutes	15 à 40	60 à 85

10

Selon un mode de réalisation de l'invention, le mélange laitier/géopolymère peut être ajouté à un matériau traditionnel à base de ciment hydraulique, comme le ciment Portland, pour former un mélange

15 ciment/laitier/géopolymère. Dans un mode de réalisation, le ciment Portland comprend environ 20 % en poids de silice ; environ 60 % en poids de silicate tricalcique ; environ 10 % en poids de silicate dicalcique ; environ 6 % en poids d'aluminate tricalcique ; environ 1 % en

20 poids d'oxyde d'aluminium ; environ 1 % en poids d'oxyde ferrique ; environ 1 % en poids d'oxyde de magnésium ; et environ 1 % en poids de trioxyde de soufre. Le matériau à base de ciment peut aussi comprendre n'importe quelle composition connue d'une manière classique dans le

25 métier. Le ciment Portland, ou n'importe quel autre type de ciment, peut être combiné avec le mélange

laitier/géopolymère avec les pourcentages en poids listés dans le tableau 2.

5

Tableau 2

Mélange ciment/laitier/géopolymère

	Ciment traditionnel (% en poids)	Mélange laitier/géopolymère (% en poids)
Gamme typique	0 à 99,99	0,1 à 100
Gamme souhaitée	20 à 90	10 à 80
Gamme préférée	40 à 85	15 à 60
Gamme préférée entre toutes	50 à 80	20 à 50

Le matériau cimentaire comprenant le matériau à base de ciment/laitier/géopolymère listé dans le tableau 2 peut être combiné avec de l'eau et utilisé comme matériau liant pour n'importe quelle application appropriée. Par exemple, le matériau cimentaire peut être mélangé à du sable et/ou des granulats pour former un mélange béton. Précisément, le sable est désigné sous le nom de granulats fin, tandis que les matériaux plus grossiers tels que la pierre, le gravier et/ou le laitier de haut fourneau granulés broyés sont désignés sous le nom de gros granulats. N'importe quel rapport approprié [matériau ciment/laitier/géopolymère]/[sable et/ou granulats] qui correspond aux rapports appropriés ciment/[sable et/ou granulats] généralement connus dans le métier peuvent être utilisés. Dans un mode de réalisation, le matériau béton peut comprendre environ 10 % en poids à environ 30 % en poids de mélange ciment/laitier/géopolymère, avec le reste comprenant du sable, des granulats et/ou d'autres ingrédients supplémentaires tels que des plastifiants et

des fibres. Dans un autre mode de réalisation, le matériau béton peut comprendre environ 10 % en poids à environ 20 % en poids de mélange ciment/laitier/géopolymère. Un rapport typique sable/granulat dans les mélanges bétons est environ de 2/3. Un rapport typique [sable et/ou granulat]/[mélange ciment/laitier/géopolymère] est environ de 6/1 à 3/1. Cependant, n'importe quel autre rapport approprié de sable et de granulat peut être utilisé.

10 N'importe quel plastifiant généralement connu dans le métier peut être utilisé, cependant, un plastifiant particulièrement préféré est l'Adva 100 f abriqué par Grace Products. Quand un plastifiant est ajouté, il peut être ajouté en une quantité d'environ 4 à environ 10 ml de plastifiant par kilogramme de mélange ciment/laitier/géopolymère. Dans un mode de réalisation, du laitier de haut fourneau granulé fin peut être ajouté en une quantité d'environ 15 % en poids à environ 50 % en poids. Le laitier de haut fourneau granulé fin est un 20 laitier produit à partir d'un haut fourneau primaire, lequel laitier a généralement subi une trempe à l'eau, a été granulé et a de nouveau subi une trempe à l'eau. L'eau peut aussi être ajoutée au mélange ciment/laitier/géopolymère dans n'importe quelle quantité 25 désirée, par exemple, dans un mode de réalisation, le rapport eau/[ciment/laitier/géopolymère] peut être environ 0,3/1 à environ 0,6/1.

Dans les exemples 6 à 9, le géopolymère, le laitier d'acier inoxydable et le ciment Portland, chacun ayant 30 approximativement la même taille de particule, étaient mélangés ensemble dans un mélangeur pour former un mélange sec. Du sable sec et des cailloux étaient ensuite introduits et combinés avec le mélange sec et de l'eau était ajoutée au mélange pour former un coulis. Le

rapport eau/[mélange ciment/laitier/géopolymère] était environ de 0,35/1. Le coulis était mélangé pendant 3 minutes et injecté dans des moules en forme de cylindre ayant un diamètre de 101,6 mm (4 pouces) et une hauteur de 203,2 mm (8 pouces). Les cylindres étaient ensuite durcis par séchage à l'air pendant 28 jours et des mesures de résistance étaient réalisées à différents temps au cours de la période de durcissement comme prévu dans les exemples 6 à 9. Les exemples 6 à 10 illustrent les mélanges bétons et les mélanges ayant réagi contenant diverses combinaisons d'acide silicique, de sel de sodium, et de sels de potassium comme activateurs, et ne contenant pas de bromure de calcium, de nitrate de calcium, de nitrite de calcium, de chlorure de calcium, d'oxyde de calcium, ni de bromure de sodium ajoutés.

#### Exemple 6

Dans l'exemple 6, un premier jeu de trois formulations de béton était évalué dans une machine de compression triaxiale afin d'obtenir les mesures de résistance après 24 heures de durcissement par séchage à l'air. La formulation dans chaque cylindre remplaçait un pourcentage de ciment Portland généralement requis pour former du béton avec un mélange laitier/géopolymère. Chacun des cylindres comprenait un mélange de laitier/géopolymère comprenant 10 % de géopolymère et de laitier d'acier inoxydable d'une taille de 41 %/325 mesh. La teneur en ciment/laitier/géopolymère des échantillons était environ de 13,5 % en poids.

Le premier cylindre comprenait une composition de ciment/laitier/géopolymère comprenant 70 % de ciment Portland et 30 % de mélange laitier/géopolymère. Le premier cylindre enregistrait une mesure de résistance de 52,02 MPa après 24 h de temps de durcissement. Le

deuxième cylindre comprenait une composition de ciment/laitier/géopolymère comprenant 65 % de ciment Portland et 35 % de mélange laitier/géopolymère. Le deuxième cylindre enregistrait une mesure de résistance de 54,29 MPa après 24 h de temps de durcissement. Le troisième cylindre comprenait une composition de ciment/laitier/géopolymère comprenant 60 % de ciment Portland et 40 % de mélange laitier/géopolymère. Le troisième cylindre enregistrait une mesure de résistance de 50,00 MPa après 24 h de temps de durcissement.

Un deuxième jeu de trois cylindres ayant les formulations identiques à celles du premier jeu était aussi évalué afin d'obtenir les mesures de résistance après 28 jours de durcissement. Le premier cylindre testé après 28 jours de temps de durcissement enregistrait une mesure de résistance de 58,56 MPa. Le deuxième cylindre testé après 28 jours de temps de durcissement enregistrait une mesure de résistance de 60,54 MPa. Le troisième cylindre testé après 28 jours de temps de durcissement enregistrait une mesure de résistance de 52,22 MPa. Les compositions de ciment utilisant 100 % de ciment Portland et 0 % de mélange laitier/géopolymère généralement ont une résistance d'environ 18,5 MPa après un temps de durcissement de 24 h et une résistance d'environ 48,9 MPa après un temps de durcissement de 28 jours. Les résultats de l'exemple 6 sont présentés dans le tableau 3.

30

Tableau 3

Béton à résistance initiale élevée avec des substituts partiels du ciment Portland

Mélange	Ciment Portland	Résistance	Résistance
---------	-----------------	------------	------------

laitier/géopolymère (%)	(%)	après 24 h (MPa)	après 28 j (MPa)
30	70	52,02	58,56
35	65	54,29	60,54
40	60	50,00	52,22

#### Exemple 7

Dans l'exemple 7, la résistance d'une composition de béton comprenant 100 % de ciment Portland était mesurée et comparée à la résistance d'une composition de béton comprenant 75 % de ciment Portland et un mélange laitier/géopolymère ayant 5 % en poids de géopolymère et 20 % en poids de laitier d'acier inoxydable. Les cylindres ayant les compositions décrites ci-dessus étaient mesurées après 24 heures de temps de cuisson, 4 jours de temps de cuisson, 7 jours de temps de cuisson et 28 jours de temps de cuisson. La teneur en ciment/laitier/géopolymère de chaque tube était environ de 15 % en poids. Les résultats de l'exemple 7 sont présentés ci-dessous dans le tableau 4.

Tableau 4

Béton à résistance normale comprenant 100 % de ciment  
Portland par rapport à un béton comprenant 5 % de  
géopolymère plus 20 % de laitier d'acier inoxydable

Matériau cimentaire	Résistance après 24 h (MPa)	Résistance après 4 j (MPa)	Résistance après 7 j (MPa)	Résistance après 28 j (MPa)
Composition de 25 % de ciment Portland et 5 % de géopolymère plus 20 % de laitier d'acier inoxydable	17,0	35,0	40,0	52,8
Composition de 100 % de ciment Portland	18,5	38,3	41,3	48,9

5

Exemple 8

Dans l'exemple 8, la résistance d'une première composition de béton comprenant 60 % de ciment Portland et 40 % de laitier de haut fourneau granulé broyé était mesurée et comparée à la résistance d'une seconde composition de béton comprenant 50 % de ciment Portland et une composition de laitier/géopolymère ayant 10 % de géopolymère et 40 % de laitier d'acier inoxydable. Des cylindres ayant la première composition et la seconde composition décrites ci-dessus étaient mesurées après 24 heures de temps de durcissement, 3 jours de temps de durcissement, 7 jours de temps de durcissement et 28 jours de temps de durcissement. La teneur en ciment/laitier/géopolymère de chaque tube était environ de 17 % en poids. Les résultats de l'exemple 8 sont indiqués dans le tableau 5.

Tableau 5

Béton à résistance moyenne comprenant 50 % de ciment Portland et 10 % de géopolymère avec 40 % de laitier d'acier inoxydable par rapport à 60 % de ciment Portland avec 40 % de laitier de haut fourneau granulé broyé

Matériau cimentaire	Résistance après 24 h (MPa)	Résistance après 4 j (MPa)	Résistance après 7 j (MPa)	Résistance après 28 j (MPa)
25 % de ciment Portland et 5 % de géopolymère plus 20 % de laitier d'acier inoxydable	17,0	35,5	40,5	63,7
60 % de ciment Portland avec 40 % de laitier de haut fourneau granulé broyé	8,5	22,1	37,9	64,3

Exemple 9

Dans l'exemple 9, la résistance d'une première composition de béton comprenant 100 % de ciment Portland et 10 ml de plastifiant par kg de ciment était mesurée et comparée à la résistance d'une seconde composition de béton comprenant 62,5 % de ciment Portland et une composition de laitier/géopolymère ayant 12,5 % de géopolymère et 25 % de laitier d'acier inoxydable. Des cylindres ayant la première composition et la seconde composition décrites ci-dessus étaient mesurées après 24 heures de temps de durcissement, 3 jours de temps de durcissement, 7 jours de temps de durcissement et 28 jours de temps de durcissement. La teneur en ciment/laitier/géopolymère de chaque tube était environ de 17 % en poids. Les résultats de l'exemple 9 sont indiqués dans le tableau 6 ci-dessous.

Tableau 6

Béton à résistance finale élevée : 12,5 % de géopolymère et 25 % de laitier d'acier inoxydable par rapport à du ciment Portland normal avec plastifiant

Matériau cimentaire	Résistance après 24 h (MPa)	Résistance après 4 j (MPa)	Résistance après 7 j (MPa)	Résistance après 28 j (MPa)
62,5 % de ciment Portland avec 12,5 % de géopolymère et 25 % de laitier d'acier inoxydable	29,4	35,0	40,0	52,8
100 % de ciment Portland	8,5	22,1	37,9	64,3

5

Exemple 10

Dans l'exemple 10, deux formulations de béton étaient chacune évaluées après durcissement pendant une période de 28 jours en plaçant chacun des cylindres dans une cellule saline comprenant de l'eau distillée et une solution de chlorure de sodium saturée. On faisait passer un courant au travers de chaque échantillon et on mesurait la conductivité, ou pénétrabilité rapide de l'ion chlorure. La première formulation comprenait 65 % de ciment Portland avec 10 % de géopolymère et 25 % de laitier d'acier inoxydable et la seconde formulation comprenait 100 % de ciment Portland. La teneur en matériau cimentaire des échantillons était environ de 17 % en poids. Les résultats de l'exemple 10 sont indiqués dans le tableau 7.

Tableau 7

Pénétration rapide de l'ion chlorure : 65 % de ciment Portland avec 10 % de géopolymère et 25 % de laitier d'acier inoxydable par rapport à 100% de ciment Portland

Matériau cimentaire	nombre de Coulomb passés après
---------------------	--------------------------------

25

	une période de durcissement de 28 jours
Ciment Portland avec 10 % de géopolymère et 25 % de laitier d'acier inoxydable	650 niveau : très faible
100 % de ciment Portland	4900 niveau : élevé

Les exemples 11 à 14 illustrent divers modes de réalisation des compositions contenant un ou plusieurs composés activateurs choisis dans le groupe constitué par le bromure de calcium, le nitrate de calcium, le nitrite de calcium, le chlorure de calcium, l'oxyde de calcium, et le bromure de sodium. Les compositions sont illustrées dans les cas où les composés activateurs sont présents en mélange dans la composition de géopolymère. Les nombres dans les exemples 11 à 14 sont les intervalles en % en poids de chaque composant dans le mélange géopolymère/laitier d'acier inoxydable/ciment traditionnel. Une large gamme de valeurs est fournie pour rendre compte des compositions alternatives de géopolymère et une gamme des teneurs en géopolymère, en laitier, et en ciment traditionnel dans le matériau cimentaire.

Exemple 11

pouzzolane	5 à 70 %
silicate d'aluminium anhydre	5 à 10 %
Acide silicique	1 à 5 %
sel de potassium ou de sodium	1 à 5 %.
nitrate de calcium	0,1 à 5 %
nitrite de calcium	0,1 à 5 %

Exemple 12

pouzzolane	0 à 80 %
Oxyde de calcium	1 à 40 %
silice fumée	1 à 40 %
cendres volantes (type F ou type C)	1 à 10 %.
nitrate de calcium	0,1 à 5 %
nitrite de calcium	0,1 à 5 %

5 Exemple 13

pouzzolane	10 à 80 %
silice fumée	0 à 10 %
cendres volantes (F ou C)	0 à 80 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0 à 10 %.
Oxyde de calcium	1 à 40
nitrate de calcium	0 à 5 %
nitrite de calcium	0 à 5 %
bromure de calcium	0,1 à 10

Exemple 14

pouzzolane	5 à 80 %
Acide silicique	1 à 20 %
sel de potassium ou de sodium	1 à 20 %.
un ou plusieurs composés activateurs	0,1 à 20 %
silice fumée	1 à 20 %

Des mélanges de ciment synthétique activé à sec sont illustrés dans les exemples 15 à 17. L'évolution de la résistance à la compression en MPa (psi) d'une série de mélanges ayant réagi selon l'invention est comparée à celle obtenue quand seul le ciment Portland est utilisé (c'est à dire, quand les composants laitier d'acier inoxydable et géopolymère de chaque mélange « A » sont remplacés par du ciment Portland). La résistance à la compression, mesurée en MPa (psi), est mesurée selon les méthodes normalisées industrielles.

#### Exemple 15

##### Mélange « A »

ciment Portland	8,57 kg	18,9 lbs
laitier d'acier	2,45 kg	5,4 lbs
inoxydable		
géopolymère <sup>1</sup>	1,22 kg	2,7 lbs
plastifiant	276,41 g/poids	9,75 once/poids
	du ciment	du ciment
Eau	3,89 kg	8,58 lbs
granulat grossier	33,47 kg	73,8 lbs
granulat fin	22,32 kg	49,2 lbs

Le géopolymère possède les constituants suivants :

argile kaolinique calcinée	5 %
cendres volantes type C	61 %
silice fumée	10 %
nitrite de calcium	2 %
nitrate de calcium	2 %
Oxyde de calcium	20 %
Total	100 % en poids

L'évolution de la résistance à la compression est donnée  
5 dans le tableau :

Type de mélange	1 jour	3 jours	7 jours	14 jours	28 jours
Ciment Portland Uniquement	17,42 MPa (2527 psi)	28,27 MPa (4100 psi)	32,91 MPa (4773 psi)	37,76 MPa (5477 psi)	41,40 MPa (6005 psi)
Exemple 15	24,29 MPa (3523 psi)	34,72 MPa (5036 psi)	40,70 MPa (5903 psi)	45,50 MPa (6600 psi)	49,50 MPa (7180 psi)

Exemple 16Mélange « A »

ciment Portland	12,25 kg	27 lbs
laitier d'acier inoxydable	1,24 kg	2,73 lbs
géopolymère <sup>2</sup>	0,621 kg	1,37 lbs
plastifiant	276,41 g/poids	9,75 once/poids
	du ciment	du ciment
Eau	4,31 kg	9,50 lbs
granulat grossier	33,47 kg	73,8 lbs
granulat fin	22,32 kg	49,2 lbs

<sup>2</sup>le géopolymère possède les constituants suivants :

5

argile kaolinique calcinée	5 %
cendres volantes type C	61 %
silice fumée	10 %
nitrite de calcium	2 %
nitrate de calcium	2 %
Oxyde de calcium	20 %
Total	100 % en poids

L'évolution de la résistance à la compression est donnée dans le tableau :

Type de mélange	1 jour	3 jours	7 jours	14 jours	28 jours
ciment Portland uniquement	17,77 MPa (2577 psi)	28,57 MPa (4313 psi)	34,91 MPa (5063 psi)	40,78 MPa (5915 psi)	42,88 MPa (6220 psi)
Exemple 16	21,74 MPa (3153 psi)	39,87 MPa (5783 psi)	43,87 MPa (6363 psi)	47,64 MPa (6910 psi)	49,75 MPa (7215 psi)

Exemple 17Mélange « A »

ciment Portland	8,57 kg	18,9 lbs
laitier d'acier inoxydable	2,45 kg	5,4 lbs
géopolymère <sup>3</sup>	1,22 kg	2,7 lbs
plastifiant	276,41 g/poids du ciment	9,75 once/poids du ciment
Eau	4,66 kg	10,27 lbs
granulat grossier	33,47 kg	73,8 lbs
granulat fin	22,32 kg	49,2 lbs

<sup>3</sup>le géopolymère possède les constituants suivants :

5

argile kaolinique calcinée	5 %
cendres volantes type C	61 %
silice fumée	10 %
nitrite de calcium	1 %
nitrate de calcium	1 %
bromure de calcium	2 %
Oxyde de calcium	20 %
Total	100 % en poids

L'évolution de la résistance à la compression est donnée dans le tableau :

Type de mélange	1 jour	3 jours	7 jours	14 jours	28 jours
Ciment Portland Uniquement	18,68 MPa (2710 psi)	28,45 MPa (4127 psi)	32,61 MPa (4730 psi)	36,47 MPa (5290 psi)	37,76 MPa (5980 psi)
Exemple 17	20,71 MPa (3005 psi)	38,33 MPa (5560 psi)	42,13 MPa (6110 psi)	48,06 MPa (6970 psi)	49,43 MPa (7170 psi)

- 5 Bien que les modes de réalisation particuliers de cette invention aient été exposés ci-dessus dans un but d'illustration, l'invention ne doit pas être limitée aux modes de réalisation décrits. En lisant la description il sera évident pour l'homme de l'art que de nombreuses
- 10 variations et modifications peuvent être effectuées sans s'écarter de l'invention comme définie dans les revendications jointes.

REVENDEICATIONS

1. Matériau cimentaire comprenant un géopolymère et du laitier d'acier inoxydable, comprenant en outre au moins un composant activateur choisi dans le groupe constitué par le bromure de calcium, le nitrate de calcium, le nitrite de calcium, le chlorure de calcium, l'oxyde de calcium, et le bromure de sodium.
2. Matériau cimentaire selon la revendication 1, dans lequel le géopolymère comprend du silicate d'aluminium.
3. Matériau cimentaire selon la revendication 1, dans lequel le géopolymère comprend du silicate de magnésium.
4. Matériau cimentaire selon la revendication 1, dans lequel le géopolymère comprend un matériau semblable au ciment choisi dans le groupe constitué par la pouzzolane, la cendre volante C, la cendre volante F, et la silice fumée.
5. Matériau cimentaire selon la revendication 1, dans lequel le géopolymère comprend de la cendre volante, de la silice fumée et de l'oxyde d'aluminium.
6. Matériau cimentaire selon la revendication 1, dans lequel le géopolymère comprend au moins un élément parmi un polysialate et un polysialate-siloxo.
7. Matériau cimentaire selon la revendication 1, dans lequel le laitier d'acier inoxydable comprend environ 0,2 % en poids à environ 50 % en poids de Ca et environ 0,5 % en poids à environ 65 % en poids de Si.
8. Matériau cimentaire selon la revendication 7, dans lequel le laitier d'acier inoxydable comprend en outre environ 0,1 % en poids à environ 5 % en poids de Mg, environ 0,1 % en poids à environ 6 % en poids de Fe, environ 0,1 % en poids à environ 1 % en poids de Mn,

environ 0,1 % en poids à environ 0,5 % en poids de Ti,  
environ 0,01 % en poids à environ 2,5 % en poids de S,  
environ 0,3 % en poids à environ 5 % en poids de Cr, et  
environ 0,01 % en poids à environ 1 % en poids de Ni.

5           9. Matériau cimentaire selon la revendication 1,  
dans lequel le laitier d'acier inoxydable a une taille de  
particule moyenne inférieure à environ 100 micromètres.

10           10. Matériau cimentaire selon la revendication 1,  
dans lequel le laitier d'acier inoxydable a une taille de  
particule moyenne d'environ 1 à environ 50 micromètres.

11. Matériau cimentaire selon la revendication 1,  
comprenant en outre du ciment Portland.

15           12. "Procédé de fabrication d'un matériau  
cimentaire ayant réagi, ledit procédé comprenant la  
combinaison de laitier d'acier inoxydable, de  
géopolymère, de manière facultative de ciment Portland,  
et d'eau pour former un mélange réactif, ledit procédé  
comprenant en outre la fourniture au mélange réactif d'au  
moins un composant activateur ajouté choisi dans le  
20 groupe constitué par le bromure de calcium, le nitrate de  
calcium, le nitrite de calcium, le chlorure de calcium,  
l'oxyde de calcium, et le bromure de sodium.

13. Procédé selon la revendication 12, dans lequel  
le mélange réactif comprend du ciment Portland.

25           14. Procédé selon la revendication 12, dans lequel  
le mélange réactif comprend de 0,01 à 10 % en poids d'un  
composant activateur choisi dans le groupe constitué par  
le bromure de calcium, le nitrate de calcium, le nitrite  
de calcium, le chlorure de calcium, le bromure de sodium,  
30 et les combinaisons de ceux-ci, et de 0 à 40 % en poids  
d'oxyde de calcium.

15. Mélange ayant réagi d'un géopolymère, de  
laitier d'acier inoxydable, et d'eau, comprenant au moins  
un composant activateur choisi dans le groupe constitué

par le bromure de calcium, le nitrate de calcium, le nitrite de calcium, le chlorure de calcium, l'oxyde de calcium, et le bromure de sodium.

16. Mélange ayant réagi selon la revendication 15,  
5 comprenant du bromure de calcium.

17. Mélange ayant réagi selon la revendication 15, comprenant du nitrate de calcium, du nitrite de calcium, ou une combinaison des deux.

18. Mélange ayant réagi selon la revendication 15,  
10 dans lequel le géopolymère comprend un matériau à base de silicate.

19. Mélange ayant réagi selon la revendication 15, dans lequel le géopolymère comprend au moins un matériau choisi dans le groupe constitué par la cendre volante F,  
15 la cendre volante C, la pouzzolane, et la silice fumée.

20. Mélange ayant réagi selon la revendication 15, comprenant en outre du ciment hydraulique.

21. Mélange ayant réagi selon la revendication 15, comprenant en outre du ciment Portland.

20 22. Matériau de construction à base de béton comprenant un mélange ayant réagi selon la revendication 15.

23. Article manufacturé comprenant un mélange ayant réagi selon la revendication 15.

ABREGEMATERIAUX CIMENTAIRES COMPRENANT UN LAITIER D'ACIER  
INOXYDABLE ET UN GEOPOLYMERE

Des matériaux cimentaires comprenant du laitier d'acier inoxydable et un géopolymère peuvent être ajoutés à des compositions traditionnelles à base de ciment, comme le ciment Portland, en tant que remplacement

5 partiel ou total pour des matériaux traditionnels à base de ciment. Le laitier d'acier inoxydable peut comprendre des silicates et/ou des oxydes de calcium, silicium, magnésium, fer, aluminium, manganèse, titane, soufre, chrome et/ou nickel. Le géopolymère peut comprendre du

10 silicate d'aluminium et/ou du silicate de magnésium. Dans un mode de réalisation préféré, le durcissement des matériaux à base de béton par l'action de l'eau sur les matériaux cimentaires est renforcée par l'addition d'un composé activateur choisi parmi le bromure de calcium, le

15 nitrate de calcium, le nitrite de calcium, le chlorure de calcium, l'oxyde de calcium, et le bromure de sodium.



Office européen  
des brevets

**RAPPORT DE RECHERCHE**  
établi en vertu de l'article 21 § 1 et 2  
de la loi belge sur les brevets d'invention  
du 28 mars 1984

Numero de la demande  
nationale

BO 9143  
BE 200500598

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS				
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)	
X	JP 2003 055025 A (KAWASAKI STEEL CO; CHUGOKU ELECTRIC POWER; TOA HARBOR WORKS CO LTD) 26 février 2003 (2003-02-26) * abrégé *	1-15	INV. C04B28/08	
X	JP 2003 002726 A (NIPPON STEEL CORP) 8 janvier 2003 (2003-01-08) * abrégé * * alinéas [0014], [0015] *	1-15		
X	JP 06 200249 A (WAKIMURA MAMORU) 19 juillet 1994 (1994-07-19) * abrégé * * revendications 1,2 *	1-15		
X	EP 0 539 287 A1 (EUROGRANULATS [FR]) 28 avril 1993 (1993-04-28) * le document en entier *	1-4, 6-9, 12, 15		
X	US 2004/255823 A1 (COMRIE DOUGLAS [CA]) 23 décembre 2004 (2004-12-23) * alinéas [0006] - [0015] *	1-15		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
X	EP 1 146 022 A2 (TRADING AND RECYCLING COMPANY [BE]) 17 octobre 2001 (2001-10-17) * alinéas [0015] - [0017], [0042] *	1-4, 9-15		C04B
Date d'achèvement de la recherche		Examineur		
23 août 2007		Gattinger, Irene		
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES				
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrièrè-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant		

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET BELGE NO.**

BO 9143  
BE 200500598

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche visé ci-dessus.  
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du  
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

23-08-2007

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
JP 2003055025	A	26-02-2003	AUCUN		
JP 2003002726	A	08-01-2003	AUCUN		
JP 6200249	A	19-07-1994	JP	3452330 B2	29-09-2003
EP 0539287	A1	28-04-1993	DE	69230712 D1	06-04-2000
			DE	69230712 T2	23-11-2000
			DZ	1631 A1	17-02-2002
			FR	2682675 A1	23-04-1993
US 2004255823	A1	23-12-2004	US	2005160946 A1	28-07-2005
EP 1146022	A2	17-10-2001	EP	1055647 A2	29-11-2000