

ROYAUME DU MAROC  
-----  
OFFICE MAROCAIN DE LA PROPRIETE (19)  
INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE  
-----



المملكة المغربية  
-----  
المكتب المغربي  
للملكية الصناعية والتجارية  
-----

## (12) FASCICULE DE BREVET

(11) N° de publication : **MA 34050 B1**  
(51) Cl. internationale : **C04B 28/04; C04B 28/06; C04B 28/10**  
(43) Date de publication : **05.03.2013**

---

(21) N° Dépôt : **35186**  
(22) Date de Dépôt : **03.09.2012**  
(30) Données de Priorité : **18.02.2010 FR 1051157 ; 23.07.2010 FR 1056079**  
(86) Données relatives à l'entrée en phase nationale selon le PCT : **PCT/FR2011/050330 16.02.2011**  
(71) Demandeur(s) : **LAFARGE, 61 rue des Belles Feuilles F-75116 Paris (FR)**  
(72) Inventeur(s) : **REFOUVELET, Olivier ; POUTEAU, Nicolas**  
(74) Mandataire : **ABU-GHAZALEH INTELLECTUAL PROPERTY (TMP AGENTS)**

---

(54) Titre : **PLAQUE LEGERE DE CIMENT**

(57) Abrégé : La présente invention se rapporte à une plaque légère de ciment moussé.

RESUME

La présente invention se rapporte à une plaque légère de ciment moussé.



**PLAQUE LEGERE DE CIMENT**

La présente invention se rapporte à une plaque légère de ciment moussé.

Les plaques ciments connues à ce jour présentent, de part leur nature minérale, des performances mécaniques améliorées comparativement aux plaques de plâtre. Ces  
5 plaques ciments peuvent être produites par différents procédés et notamment par des procédés discontinus (par exemple moulage, pressage, filtrage etc.). La densité de ces plaques est généralement supérieure à 1. Du fait de leur densité, ces plaques sont difficiles à couper ce qui a des conséquences pour l'utilisateur. En effet l'utilisateur ne pourra pas découper ces plaques manuellement et devra utiliser des moyens de  
10 découpes mécaniques (par exemple des scies sauteuse, disqueuse etc.) ce qui réduit la productivité en chantier et par ailleurs génère des quantités de poussières non négligeable, ce qui peut affecter la santé des utilisateurs. De plus du fait de leur densité, le vissage des plaques ciment est plus difficile pour l'installateur qu'une plaque standard de plâtre et moins rapide. En effet le temps de perçage est allongé et la qualité de  
15 serrage du vissage sur ossature métallique ou ossature bois est souvent médiocre.

Il est également connu des plaques ciment dites allégées de part l'incorporation de charges légères. Ces charges légères sont généralement issues de roches naturelles ou de roches artificielles ou sont des charges issues des produits pétroliers, par exemple les billes de polystyrènes. L'inconvénient de l'utilisation de roches  
20 naturelles est la pénurie de ressources en gisements convenables. L'inconvénient de l'utilisation de roches artificielles est leur bilan négatif en énergie primaire appelée encore énergie grise ce qui augmente les coûts de fabrication des plaques. L'inconvénient de l'utilisation des charges issues des produits pétroliers est leur impact sur l'environnement ajouté à l'aspect économique suite aux variations du cours du  
25 pétrole.

L'état de la technique décrit également des plaques de plâtre. Cependant ces plaques ne conservent pas intégralement leurs performances intrinsèques en présence d'humidité et/ou d'eau. En effet, il est possible de limiter la perte de performances intrinsèques de la plaque de plâtre traditionnelle mais pas de les préserver  
30 complètement. La plaque de plâtre traditionnelle ne présente donc pas toujours la durabilité souhaitée dans ces conditions.

En conséquence, il est devenu nécessaire de trouver une nouvelle plaque qui palie les inconvénients des plaques connues.

Aussi le problème que se propose de résoudre l'invention est de fournir une  
35 nouvelle plaque de ciment pouvant être fabriquée par un procédé continu, par exemple sur une ligne de production de plaques.

De manière inattendue, les inventeurs ont mis en évidence qu'il est possible d'alléger un coulis de ciment pour réaliser des plaques de ciment moussé par un procédé continu.

Dans ce but la présente invention propose une plaque de ciment présentant une densité de 200 à 1000 kg/m<sup>3</sup> caractérisée en ce qu'elle est réalisée à partir d'un coulis de ciment moussé.

L'invention propose également un procédé de fabrication d'une plaque selon l'invention.

Enfin l'invention a pour objet l'utilisation d'une plaque selon l'invention caractérisée en ce que la plaque est utilisée soit comme un élément sous carrelage, soit comme un élément de bardage des enveloppes des bâtiments, soit comme un élément de sous toiture ou soit comme un élément de construction sèche.

L'invention offre au moins un des avantages décrits ci-après.

Avantageusement, la plaque de ciment selon l'invention présente une densité inférieure à 1, tout en conservant une résistance mécanique nécessaire à la manipulation des plaques et à la contribution des performances fonctionnelles des ouvrages dont elle fait partie, sous contrainte d'eau et/ou d'humidité.

L'invention offre comme autre avantage que la plaque de ciment selon l'invention présente une grande stabilité dimensionnelle même lorsque des variations hydriques se produisent, notamment des variations de températures et/ou d'humidité. En effet la taille de la plaque de ciment selon l'invention ne varie pas ou peu et les résultats de stabilité dimensionnelle obtenus sont comparables à ceux des plaques de plâtre connues.

Un autre avantage de la présente invention est que ces plaques selon l'invention permettent une découpe manuelle comme pour une plaque de plâtre connue (avec par exemple une scie, un cutter etc) en opposition à une découpe mécanique. Avantageusement, cette découpe émet moins de poussières comparativement à des plaques de ciment connues.

Avantageusement la plaque de ciment selon l'invention permet de faire une plaque adaptée pour la construction sèche.

De plus, la plaque de ciment selon l'invention présente comme avantage qu'elle est universelle c'est-à-dire qu'elle peut être utilisée aussi bien comme un élément sous carrelage (salle de bain, plan de travail, cuisine, douche, sol, etc.) que comme un élément de bardage des enveloppes des bâtiments, comme un élément de sous toiture (plafonds sous toiture, plaque support de couverture etc), comme élément de construction sèche (plafond, cloison, contre-cloison etc) ou comme tout type de plaque.

Enfin, la fabrication de plaques de ciment selon l'invention permet d'utiliser un procédé de formage en continu, suivi d'un séchage, par exemple à l'air libre.

Avantageusement, l'empreinte environnementale de la plaque de ciment selon l'invention est réduite par rapport aux plaques ciment connues.

D'autres avantages et caractéristiques de l'invention apparaîtront clairement à la lecture de la description et des exemples donnés à titre purement illustratif et non  
5 limitatif qui vont suivre.

Par l'expression « liant hydraulique », on entend selon la présente invention tout <sup>matériau</sup> ~~(composé)~~ ayant la propriété de s'hydrater en présence d'eau et dont l'hydratation permet d'obtenir un solide ayant des caractéristiques mécaniques. Le liant hydraulique selon l'invention peut en particulier être un ciment. De préférence, le liant hydraulique selon  
10 l'invention est un ciment Portland conformément à la norme EN 197-1.

Par l'expression « composition hydraulique », on entend selon la présente invention un mélange d'au moins un liant hydraulique, avec de l'eau, éventuellement des granulats, éventuellement des adjuvants conformément à la norme EN 934-2. L'expression « composition hydraulique », selon l'invention désigne indistinctement une  
15 composition à l'état frais ou durci. La composition hydraulique selon l'invention peut être un coulis de ciment ou un mortier. Préférentiellement, la composition hydraulique selon l'invention est un coulis de ciment.

Par le terme « prise », on entend selon la présente invention le passage à l'état solide du liant hydraulique par réaction d'hydratation. La prise est généralement suivie  
20 par la période de durcissement.

Par l'expression « construction sèche », on entend selon la présente invention une méthode de construction pour la réalisation d'ouvrages à l'aide de composants industrialisés assemblés sur chantier.

Tout d'abord l'invention se rapporte à une plaque de ciment présentant une  
25 densité de 200 à 1000 kg/m<sup>3</sup> caractérisée en ce qu'elle est réalisée à partir d'un coulis de ciment moussé comprenant au moins

- du ciment ;
- de l'eau ;
- de 0,01 à 5 % d'un agent réducteur d'eau, d'un plastifiant ou d'un  
30 superplastifiant, % en masse par rapport à la masse de ciment ;
- de 0,45 à 5 %, d'un agent moussant, % en masse par rapport à la masse d'eau ;
- un sel de calcium soluble dans l'eau ;
- des particules minérales de taille de 0,1 à 300 µm ;

le ratio agent moussant sur sel de calcium soluble dans l'eau étant de 0,3 à 0,8.

35 Les ciments convenant pour le coulis de ciment permettant de réaliser la plaque selon l'invention sont le ciment Portland, les ciments décrits conformément à la norme

EN 197-1, les ciments du type aluminat de calcium, les ciments magnésiens ou les ciments sulfoalumineux et leurs mélanges.

Les ciments à base d'aluminates de calcium comme par exemple les ciments alumineux ou les Ciments Fondus<sup>®</sup>, conviennent également selon l'invention ainsi que  
5 les ciments conformes à la norme NF EN 14647.

Le ciment magnésien préféré comprend des carbonates de magnésium, des oxydes de magnésium ou des silicates de magnésium, par exemple comme décrit dans le brevet US n°4,838,941.

Le ciment préféré convenant selon l'invention est le ciment Portland, seul ou en  
10 mélange avec d'autres ciments cités ci-dessus, comme par exemple les ciments sulfoalumineux. Le ciment Portland convenant tout particulièrement selon l'invention est celui décrit conformément à la norme EN 197-1.

Le ratio ciment (exprimé en clinker brut) / particules minérales du coulis de ciment moussé utilisé pour réaliser la plaque selon l'invention est de préférence de 30/70 à  
15 50/50, plus préférentiellement 35/65 à 50/50, encore plus préférentiellement environ 35/65.

Le ratio eau / ciment (exprimé en clinker brut) du coulis de ciment moussé utilisé pour réaliser la plaque selon l'invention est de préférence de 0,3 à 0,9, plus préférentiellement de 0,4 à 0,7, encore plus préférentiellement environ 0,45. Ce ratio  
20 eau / ciment peut varier par exemple à cause de la demande en eau des particules minérales utilisées. Ce ratio eau / ciment est défini comme étant le ratio en masse de la quantité d'eau (E) sur la masse de ciment (C) (exprimé en clinker brut).

~~[De préférence, le]~~<sup>Le</sup> coulis de ciment permettant de réaliser la plaque selon l'invention comprend un agent réducteur d'eau, un plastifiant ou un superplastifiant. Un  
25 agent réducteur d'eau permet de réduire d'environ 10 à 15 % en masse la quantité d'eau de gâchage pour un temps d'ouvrabilité donné. A titre d'exemple d'agent réducteur d'eau, on peut citer les lignosulphonates, les acides hydroxycarboxyliques, les carbohydrates, et autres composés organiques spécifiques, comme par exemple le  
30 glycerol, l'alcool polyvinylique, l'alumino-méthyl silicate de sodium, l'acide sulfanilique et la caséine (voir Concrete Admixtures Handbook, Properties Science and Technology, V.S. Ramachandran, Noyes Publications, 1984).

Les superplastifiants appartiennent à la nouvelle génération des agents réducteurs d'eau et permettent de réduire d'environ 30 % en masse la quantité d'eau de gâchage pour un temps d'ouvrabilité donné. A titre d'exemple de superplastifiant, on peut citer les  
35 superplastifiants du type PCP sans agent anti-mousse. On entend entre autre par le terme « PCP » ou « polycarboxylate polyoxyde » selon la présente invention un

copolymère des acides acryliques ou acides méthacryliques, et de leurs esters de poly(oxyde d'éthylène) (POE).

De préférence, le coulis de ciment permettant de réaliser la plaque selon l'invention comprend de 0,01 à 0,2 %, plus préférentiellement de 0,02 à 0,08 % d'un agent réducteur d'eau, d'un plastifiant ou d'un superplastifiant % en masse par rapport à la masse de ciment.

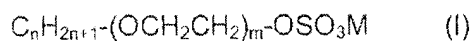
Lorsque l'agent réducteur d'eau, le plastifiant ou le superplastifiant est utilisé en solution, la quantité est exprimée en matière active dans la solution.

Selon une variante de l'invention, le coulis de ciment permettant de réaliser la plaque de ciment selon l'invention ne comprend pas d'agent anti-mousse, ou tout agent ayant la propriété de déstabiliser une émulsion air dans un liquide. Certains superplastifiants commerciaux peuvent contenir des agents anti-mousse et par conséquent ces superplastifiants ne peuvent pas convenir pour le coulis de ciment permettant de réaliser la plaque selon l'invention.

De préférence, le coulis de ciment permettant de réaliser la plaque de ciment selon l'invention comprend un agent moussant anionique.

De préférence, le coulis de ciment permettant de réaliser la plaque selon l'invention comprend un agent moussant. De préférence cet agent moussant est choisi parmi un alkylsulfonate, alkyléthersulfonate, un hydroxyalkyléthersulfonate, un alphaoléfinesulfonate, un alkylbenzènesulfonate, un alkylsulfate, un alkyléthersulfate, un hydroxyalkylethersulfate, un alphaoléfinesulfate et un alkylbenzènesulfate, ou leurs mélanges.

De préférence, le coulis de ciment permettant de réaliser la plaque de ciment selon l'invention comprend un alkylsulfate ou un alkyléthersulfate de chaînes carbonées linéaires ou ramifiés de formule (I)



dans lequel n est compris de 8 à 14 et m est compris de 0 à 15, M étant un cation alcalin. M représente de préférence un ion sodium ou potassium, <sup>plus préférentiellement</sup> [de préférence] un ion sodium ; m est compris de préférence de 0 à 10, par exemple de 0 à 9.

De préférence, le coulis de ciment permettant de réaliser la plaque de ciment selon l'invention comprend un alkyléthersulfate linéaire ou ramifié de formule  $C_nH_{2n+1}-(OCH_2CH_2)_m-OSO_3M$  dans lequel n est compris de 8 à 12, de préférence de 10 à 12, par exemple de 9 à 11, et m est compris de 1 à 6.

Le radical  $C_nH_{2n+1}$  est de préférence linéaire.

Selon une variante de l'invention, le coulis de ciment permettant de réaliser la plaque de ciment selon l'invention comprend un mélange d'alkyléthersulfate et

d'alkylsulfate. Chaque alkyléthersulfate et alkylsulfate <sup>peut lui-même</sup> ~~[peuvent eux-mêmes]~~ être un mélange des composés de la formule (I).

De préférence, le coulis de ciment permettant de réaliser la plaque de ciment selon l'invention comprend un sel de calcium soluble dans l'eau. Ce sel de calcium peut  
5 être choisi parmi le chlorure de calcium, le nitrite de calcium, le nitrate de calcium, le formiate de calcium et l'acétate de calcium, ou leurs mélanges. Les sels de calcium soluble dans l'eau préférés sont le chlorure de calcium, le nitrite de calcium ou le nitrate de calcium.

Le sel de calcium soluble dans l'eau peut se présenter sous forme de solide, par  
10 exemple une poudre, ou de liquide, par exemple une solution aqueuse.

Par l'expression « sel de calcium soluble dans l'eau », on entend selon la présente invention un sel de calcium ayant une solubilité dans l'eau à 20°C supérieure à 2 g/100 mL. Généralement de tels sels présentent un anion qui est compatible avec les coulis de ciment aux concentrations utilisées selon l'invention.

15 Le sel de calcium soluble dans l'eau peut se présenter sous forme hydraté ou anhydre : quand un hydrate est utilisé la quantité est exprimée en matière anhydre.

Le ratio agent moussant sur sel de calcium soluble dans l'eau est calculé sur la base du chlorure de calcium anhydre comme sel de calcium. Lorsque un sel de calcium différent est utilisé la masse de sel de calcium utilisé pour calculer le ratio est la masse  
20 exprimée en terme d'équivalent de la masse de chlorure de calcium anhydre.

Le ratio agent moussant sur sel de calcium soluble dans l'eau est de préférence de 0,4 à 0,8, par exemple de 0,45 à 0,75, plus préférentiellement de 0,45 à 0,65, très préférentiellement de 0,45 à 0,6, encore plus préférentiellement de 0,45 à 0,55.

Le coulis de ciment permettant de réaliser la plaque de ciment selon l'invention  
25 comprend des particules minérales. Les particules minérales préférées selon l'invention sont le carbonate de calcium, les fumées de silice, les laitiers, les cendres volantes, les pouzzolanes, de préférence les pouzzolanes d'origine naturelle, les fillers calcaires ou siliceux, ou leurs mélanges.

La taille des particules minérales est de préférence de 1 à 100 µm, par exemple de  
30 1 à 80 µm. Le D<sub>10</sub> des particules minérales est de préférence de 1 à 4 µm. Le D<sub>50</sub> des particules minérales est de préférence de 4 à 20 µm, plus préférentiellement de 6 à 15 µm. Le D<sub>90</sub> des particules minérales est de préférence de 12 à 100 µm.

De préférence, la plaque de ciment selon l'invention présente une densité de 400 à 950 kg/m<sup>3</sup>, plus préférentiellement de 500 à 850 kg/m<sup>3</sup>, encore plus préférentiellement  
35 de 650 à 800 kg/m<sup>3</sup>.



De préférence, le coulis de ciment permettant de réaliser la plaque de ciment selon l'invention comprend en outre un agent stabilisateur de mousse, comme par exemple une bétaine, un oxyde d'amine, ou un amide gras.

5 D'autres additifs peuvent aussi être utilisés comme par exemple un retardateur, tel que l'acide citrique.

Selon une autre variante de l'invention, le coulis de ciment permettant de réaliser la plaque de ciment ne comprend pas de granulats légers comme décrit conformément à la norme EN 206-1, par exemple la perlite.

10 Selon une autre variante de l'invention, le coulis de ciment permettant de réaliser la plaque de ciment ne comprend pas de charges légères, par exemple des billes de polystyrène.

Selon une variante, le coulis de ciment permettant de réaliser la plaque de ciment selon l'invention comprend en outre du sulfate de calcium hydraté, semihydraté ou anhydre.

15 Selon une variante, le coulis de ciment permettant de réaliser la plaque de ciment selon l'invention comprend en outre de la chaux.

20 De préférence, la plaque de ciment selon l'invention comprend en outre au moins un parement. Avantageusement, la plaque de ciment selon l'invention peut porter sur une de ses faces, ou mieux sur chacune de ses faces, un parement tissé ou non tissé, par exemple en fibres de verre, associé ou non à un voile. Ces parements peuvent comprendre ou non des fibres liées entres-elles par un liant.

De préférence, la plaque de ciment selon l'invention comprend en outre au moins une couche de liaison entre le parement et le corps de la plaque.

## 25 Procédé

L'invention se rapporte également à un procédé de fabrication d'une plaque de ciment selon l'invention caractérisé en ce qu'il comprend au moins

- une étape de mise en contact entre au moins

- 30 ○ du ciment ;
- de l'eau ;
- de 0,01 à 5 % d'un agent réducteur d'eau, d'un plastifiant ou d'un superplastifiant, % en masse par rapport à la masse de ciment ;
- de 0,45 à 5 %, d'un agent moussant, % en masse par rapport à la masse d'eau;
- 35 ○ un sel de calcium soluble dans l'eau ;
- des particules minérales de taille de 0,1 à 300  $\mu\text{m}$  ;

le ratio agent moussant sur sel de calcium soluble dans l'eau étant de 0,3 à 0,8 ;

- une étape d'introduction de gaz ou de mousse ;
- une étape de mise en forme de la plaque.

5 Un autre procédé permettant de fabriquer au moins une plaque de ciment selon l'invention peut comprendre les étapes suivantes : mélanger une composition destinée à former le corps de la plaque avec de l'eau, déposer ce mélange sur un support défilant, lequel est entraîné en continu par un système de défilement d'une bande, donner sa  
10 longueur souhaitée, la composition destinée à former le corps de la plaque comprenant au moins

- o du ciment ;
- o de l'eau ;
- o de 0,01 à 5 % d'un agent réducteur d'eau, d'un plastifiant ou d'un  
15 superplastifiant, % en masse par rapport à la masse de ciment ;
- o de 0,45 à 5 %, d'un agent moussant, % en masse par rapport à la masse d'eau;
- o un sel de calcium soluble dans l'eau ;
- o des particules minérales de taille de 0,1 à 300  $\mu\text{m}$  ;
- 20 o un gaz ou une mousse

le ratio agent moussant sur sel de calcium soluble dans l'eau étant de 0,3 à 0,8.

Un autre procédé permettant de fabriquer au moins une plaque de ciment selon l'invention peut comprendre les étapes suivantes :

- 25 a) mélanger une composition destinée à former le corps de la plaque avec de l'eau;
- b) ajouter un agent moussant ;
- c) injecter un gaz dans le coulis obtenu à l'étape b) et mélanger;
- d) donner une forme au coulis moussé
- e) sécher et découper la préforme obtenue.

30 De préférence, toute l'air introduite soit sous forme de gaz soit sous forme de mousse est présente dans la plaque de ciment selon l'invention.

Le gaz introduit dans le procédé de fabrication selon l'invention peut être de préférence de l'air.

35 L'étape d'introduction de gaz peut se faire selon différentes manières, et en particulier soit par introduction directe de gaz, soit par introduction d'une dispersion d'une phase gazeuse dans un liquide (mousse).

La mousse qui peut être introduite comprend de préférence de l'eau, de l'air et au moins un agent moussant. Cet agent moussant peut être anionique ou non ionique. Il peut être identique ou différent de celui utilisé pour réaliser le coulis de ciment moussé.

Selon une première variante du procédé selon l'invention, l'introduction de gaz  
5 peut se faire par introduction directe d'air. En particulier le procédé d'injection directe d'air décrit dans la demande WO 2005/080294 convient tout particulièrement.

Selon cette première variante, l'air est introduit sous pression, en particulier la pression est comprise entre 1 et 5 bars.

Selon une deuxième variante du procédé selon l'invention, l'introduction de gaz  
10 peut se faire par introduction d'une dispersion d'une phase gazeuse dans un liquide, en particulier par introduction d'une mousse air dans eau. La dispersion air dans eau peut être introduite directement dans le coulis de ciment puis mélangé dans un mélangeur statique ou dynamique, en mode batch ou en mode continu.

Selon une variante le procédé de fabrication d'une plaque selon l'invention  
15 comprend en outre une étape supplémentaire d'amener au moins un parement.

Selon une autre variante le procédé de fabrication de plaques de ciment selon l'invention comprend les étapes suivantes :

- a) amener par des moyens mécaniques au moins un premier parement ;
- b) préparer un premier coulis de ciment moussé ;
- 20 c) étaler le coulis obtenu à l'étape b) sur le premier parement en une première couche de liaison ;
- d) préparer un deuxième coulis de ciment moussé ;
- e) étaler le deuxième coulis obtenu à l'étape d) sur la couche de liaison obtenue à l'étape c) en une couche de coeur ;
- 25 f) amener par des moyens mécaniques un deuxième parement ;
- g) préparer un troisième coulis de ciment moussé ;
- h) étaler le troisième coulis obtenu à l'étape g) sur le deuxième parement en une deuxième couche de liaison ;
- i) déposer le deuxième parement obtenu à l'étape h) sur la couche de coeur de la  
30 préforme obtenue à l'étape e) ;
- j) appliquer une pression sur la préforme.

Selon une autre variante le procédé de fabrication de plaques de ciment selon l'invention comprend les étapes suivantes :

- a) amener au moins un premier parement ;
- 35 b) préparer une première pâte de plâtre ;
- c) étaler la pâte obtenue à l'étape b) sur le premier parement en une première couche de liaison ;

- d) préparer un coulis de ciment moussé;
- e) étaler le coulis obtenu à l'étape d) sur la couche de liaison obtenue à l'étape c) en une couche de cœur;
- f) amener un deuxième parement ;
- 5 g) préparer une deuxième pâte de plâtre;
- h) étaler la deuxième pâte obtenue à l'étape g) sur le deuxième parement en une deuxième couche de liaison ;
- i) déposer le deuxième parement obtenu à l'étape h) sur la couche de cœur de la préforme obtenue à l'étape e) ;
- 10 j) appliquer une pression sur la préforme.

Selon une autre variante le procédé de fabrication de plaques de ciment selon l'invention comprend les étapes suivantes :

- a) amener au moins un premier parement ;
- b) préparer une pâte de ciment moussé ;
- 15 c) étaler la pâte obtenue à l'étape b) sur le parement en une couche de cœur;
- d) amener un deuxième parement ;
- e) appliquer une pression sur la préforme.

Le procédé selon l'invention présente comme avantage d'être réalisable en continu, grâce au coulis de ciment décrit ci-dessus possédant une ouvrabilité initiale élevée, un temps de prise limité et un durcissement rapide autorisant la manipulation immédiate des plaques à l'issue de la période de prise. Le procédé selon l'invention permet par conséquent la fabrication d'un grand nombre de plaques en un temps limité. Les coûts de production de telles plaques sont considérablement réduits.

Avantageusement le premier parement de l'étape a) permet d'augmenter considérablement la résistance à la flexion des plaques.

L'invention se rapporte également à l'utilisation d'une plaque selon l'invention caractérisée en ce que la plaque est utilisée comme un élément sous carrelage, comme un élément de bardage des enveloppes des bâtiments, comme un élément de sous toiture ou comme un élément de construction sèche.

Les plaques ciment selon l'invention sont également résistantes aux intempéries et au brouillard salin. Elles sont ainsi particulièrement adaptées pour être utilisées dans le secteur du bâtiment, pour former ou recouvrir des parois, planchers ou toitures, à l'intérieur ou à l'extérieur des bâtiments, et notamment dans des atmosphères très humides ou des zones fréquemment lavées au jet d'eau telles que les cuisines industrielles, les laboratoires agro-alimentaires, les douches ou salles de bains, les bassins, les piscines, les bâtiments agricoles ou boucheries industrielles.

De telles plaques peuvent également être utilisées pour former ou recouvrir des parois, planchers ou toitures exposés à un brouillard salin.

Brève description des figures : Les figures suivantes illustrent l'invention sans en limiter la portée. La **figure 1** représente un schéma d'une variante du procédé de fabrication d'une composition permettant de réaliser le corps de la plaque de ciment selon l'invention avec introduction directe d'air. La **figure 2** représente un graphique des résistances mécaniques d'une plaque de ciment selon l'invention comparé à une plaque de plâtre connue.

10 En faisant référence dans un premier temps à la **figure 1**, le procédé de fabrication d'une plaque selon l'invention comprend la préparation d'un coulis (1) comprenant du ciment, des particules minérales, des adjuvants, de l'eau, un accélérateur (le sel de calcium) et un agent moussant. Le procédé comprend le moussage en continu (2) avec introduction directe d'air dans le malaxeur dynamique  
15 Mondomix.

Les exemples suivants illustrent <sup>des exemples de réalisation de</sup> l'invention sans en limiter la portée.

## EXEMPLES

20

### Matériaux :

Millifoam H : il s'agit d'un agent moussant du type anionique (alkyle éther sulfate de sodium) fourni par la société Hunstman ;

25 Chlorure de calcium :  $\text{CaCl}_2$  pur anhydre de chez Verre Labo Mula;

Le ciment Portland est un ciment CEM I 52,5 R issu de la cimenterie Lafarge de Port La Nouvelle (Numéro du lot LHY-3830 ou LHY-3867) ;

Les particules minérales sont du carbonate de calcium fourni par la société OMYA sous le nom Betocarb HP Entrains dont le  $D_{50}$  est de  $7,8 \mu\text{m}$ , le  $D_{10}$  est de  $1,7 \mu\text{m}$ , le  $D_{90}$  est  
30 de  $93 \mu\text{m}$  et avec une taille maximum des particules de  $200 \mu\text{m}$  (Numéro de lot ADD-0239) ;

Le fluidifiant (plastifiant) est un mélange comprenant un polycarboxylate polyoxyde (PCP) fourni par la société Chryso sous le nom Chrysolab EPB 530-017 ; Il est basé sur le Premia 180 mais ne comprend pas d'agent anti-mousse ;

35 Les cendres volantes proviennent d'Amérique du Nord (Lafarge, Willcounty, Illinois) : taille des particules  $D_{50} = 6,8 \mu\text{m}$  ;

Superpozz provient d'Afrique du Sud : taille des particules  $D_{50} = 3,4 \mu\text{m}$  ;

Les pouzzolanes proviennent de Grèce (Yali).

Eau : eau du robinet.

5 Dans la description et les exemples, la taille des particules et leur distribution (entre 0,02 et 2 mm) a été mesurée en utilisant un granulomètre laser Malvern MS2000. Les mesures ont été effectuées dans l'éthanol. La source de lumière était un laser He-Ne rouge (632 nm) et une diode bleue (466 nm). Le modèle optique était celui de Mie et la matrice de calcul était du type polydisperse. L'appareil a été vérifié avant chaque  
10 session de travail au moyen d'échantillons standards (Silbeco France (formellement connu comme Sifrac) C10 silice) dont la distribution de taille des particules était connue. Les mesures ont été réalisées avec les paramètres suivants : vitesse de pompe : 2300 rpm et vitesse de mélange 800 rpm. L'échantillon a été introduit dans le but d'obtenir un obscurcissement entre 10 et 20 %. La mesure a été effectuée après  
15 stabilisation de l'obscurcissement. Des ultrasons à 80% ont d'abord été appliqués pendant 1 minute pour assurer la dé-agglomération de l'échantillon. Après 30 secondes (pour laisser les bulles d'air se clarifier), une mesure a été réalisée pendant 15 secondes (15000 analyses d'images). Sans vider la cellule, la mesure a été répétée au moins deux fois pour vérifier la stabilité du résultat et l'élimination des bulles  
20 potentielles. Toutes les valeurs données dans la description et les plages de valeurs correspondaient à la valeur moyenne obtenue avec ultrason.

#### Réalisation de plaques de ciment selon l'invention:

25 Le ciment, les particules minérales et le sel de calcium ont été pesés ensemble sur la balance. Puis l'eau de gâchage et le fluidifiant (Chrysolab) ont été pesés séparément. De même le Millifoam a été pesé séparément. Toutes les poudres pesées ont été disposées dans la cuve du malaxeur (malaxeur Rayneri™ MALX-104, Rayneri VMI, model PH602, serial n°121025) et ont été mises sous agitation à l'aide de la pâle  
30 rotative à mouvement planétaire du malaxeur (17 tours / minute pendant 1 à 2 minutes). L'eau de gâchage comprenant le fluidifiant a été ajoutée aux poudres se trouvant dans la cuve du malaxeur (33 tours / minute pendant 1 à 2 minutes selon le volume). Un coulis de ciment a été alors obtenu et laissé sous agitation pendant 2 minutes supplémentaires dans le malaxeur. Le malaxeur a été arrêté. La cuve du malaxeur a été  
35 raclee puis le Millifoam a été versé sur la surface du coulis de ciment. Le malaxage a été relancé pour incorporer le Millifoam au coulis (vitesse variant de 17 à 25 tours /

minute pendant environ 2 minutes). Les coulis de ciment ont été obtenus et étaient prêts à être moussés. Le tableau 1 ci-dessous présente les compositions chimiques des différents coulis de ciment qui ont été réalisés selon l'invention.

**Tableau 1 :**

|   | <u>Formulations des coulis</u> |          |          |          |          |
|---|--------------------------------|----------|----------|----------|----------|
|   | <u>1</u>                       | <u>2</u> | <u>3</u> | <u>4</u> | <u>5</u> |
| Millifoam H <sup>(1)</sup>                    | 1,45                           | 1,42     | 1,49     | 1,42     | 1,41     |
| CaCl <sub>2</sub>                             | 0,8                            | 0,78     | 0,83     | 0,78     | 0,79     |
| Ciment CEM I 52,5 R                           | 40,13                          | 26,63    | 41,61    | 26,64    | 39,29    |
| CaCO <sub>3</sub>                             | 39,74                          | 27,3     | 0        | 40,85    | 0        |
| Chrysolab                                     | 0,16                           | 0,13     | 0,16     | 0,13     | 0,16     |
| Eau   | 17,72                          | 19,64    | 19,54    | 19,38    | 18,45    |
| Pouzzolanes                                   | 0                              | 0        | 0        | 10,8     | 0        |
| Superpozz                                     | 0                              | 24,1     | 36,37    | 0        | 0        |
| Cendres volantes (Will county)<br>will county | 0                              | 0        | 0        | 0        | 39,9     |
| Ratio agent moussant / CaCl <sub>2</sub>      | 0,49                           | 0,49     | 0,48     | 0,49     | 0,48     |

5 Les quantités du tableau 1 sont données en % en masse par rapport à la masse totale de la formulation

<sup>(1)</sup> la quantité de Millifoam est la quantité de produit commercial contenant 27% de matière active. Le ratio agent moussant / CaCl<sub>2</sub> du tableau 1 est en matière active / CaCl<sub>2</sub>.

10

La réalisation du coulis de ciment moussé a été faite en continu. Le coulis de ciment, obtenu précédemment, a été versé dans une cuve tampon maintenue sous agitation à l'aide d'un malaxeur Rayneri Turbotest (MEXP-101, Rayneri VMI, model Turbotest 33/300, serie n°71815) comprenant une pale défloculeuse (la vitesse de la

15 pale pouvant varier de 1000 tours / minute à 400 tours / minute en fonction du volume de coulis). Le coulis a été pompé grâce à une pompe volumétrique de type Moineau (pompe à vis excentrée Seepex™ MEXP-413, model BN-025-12, série n°243327) à un débit d'environ 1 Litre / minute. Le coulis a été introduit dans un foisonneur (Mondomix™ MALX-160, Minimondo A05, série n°P14018-37115) auquel a été ajouté de l'air comprimé

20 (générée par un régulateur d'air Brooks, série n°T55329/028) à un débit de 2,75 Litres / minute. Le débit a été adapté à la densité de mousse souhaitée à la sortie du foisonneur, en général de 1 à 4 Litres / minute. La vitesse de rotation du foisonneur était de 400 tours / minute, cependant la vitesse de rotation a été adaptée à la densité de mousse souhaitée à la sortie du foisonneur et pouvait varier de 250 à 1500 tours /

minute. Un mixeur statique hélicoïdal (Isojet™) était présent à la sortie du foisonneur. Une mousse a été ainsi obtenue, il s'agissait d'un ciment moussé selon l'invention.

**Réalisation des plaques**

5 Un moule a été préparé par montage vertical de 2 plaques de taille 40 X 60 cm sur lesquels deux parements ont été positionnés et espacé de 13 mm. Le parement utilisé était un parement non tissé en fibres de verre. Le ciment moussé selon l'invention obtenu précédemment fut introduit dans le moule. Les plaques ainsi obtenues ont été démoulées après 3 heures. Ces plaques ont été placées pendant 24 heures dans une  
 10 atmosphère à 100 % d'hygrométrie <sup>humidité relative</sup> et à 20°C. A l'issu de ce traitement, elles ont été séchées et conservées dans une étuve à 45°C.

**Résistances mécaniques en compression**

Deux plaques de ciment ont été réalisées (N°1 et N°2) à partir de la formulation de  
 15 coulis de ciment n°1. Ces plaques ont été découpées en échantillon de 5 X 5 cm et d'épaisseur 13 mm. La densité a été mesurée pour chaque morceau de plaque.

La résistance mécanique a été testée. Chaque échantillon de plaque a été soumis à une contrainte mécanique en compression jusqu'à rupture de l'échantillon à l'aide  
 20 d'une presse Zwick™ (PRES-0018-1997/03). Ainsi la valeur de la force maximale exercée sur la surface de l'échantillon a été mesurée. Une résistance en compression en a été déduite. Les mesures ont été effectuées dans un environnement stabilisé en température (23°C) et 50% d'humidité relative. Les résultats qui ont été obtenus sont présentés au tableau 2 et à la **Figure 2**.

25

**Tableau 2 :**

|   | Densité | Résistance mécanique en MPa |
|---|---------|-----------------------------|
| Exemple comparatif : plaque de plâtre (BA13 standard)                         | 0,8     | 4,5                         |
|   | 0,9     | 6,5                         |
| Plaque de ciment (haut de la plaque N°1) valeur moyenne pour 6 échantillons   | 0,86    | 10,8                        |
| Plaque de ciment (bas de la plaque N°1) valeur moyenne pour 6 échantillons    | 0,77    | 6,8                         |
| Plaque de ciment (milieu de la plaque N°2) valeur moyenne pour 7 échantillons | 0,73    | 4,6                         |



## REVENDEICATIONS

1. Plaque de ciment présentant une densité de 200 à 1000 kg/m<sup>3</sup> caractérisée en ce qu'elle est réalisée à partir d'un coulis de ciment moussé comprenant au moins
- 5
- du ciment ;
  - de l'eau ;
  - de 0,01 à 5 % d'un agent réducteur d'eau, d'un plastifiant ou d'un superplastifiant, % en masse par rapport à la masse de ciment ;
  - de 0,45 à 5 %, d'un agent moussant, % en masse par rapport à la masse d'eau;

10

  - un sel de calcium soluble dans l'eau ;
  - des particules minérales de taille de 0,1 à 300 µm ;
- le ratio agent moussant sur sel de calcium soluble dans l'eau étant de 0,3 à 0,8.
2. Plaque selon la revendication 1 caractérisée en ce qu'elle comprend un alkylsulfate
- 15
- ou un alkyléthersulfate de chaînes carbonées linéaires ou ramifiées de formule (I)
- $$C_nH_{2n+1}-(OCH_2CH_2)_m-OSO_3M \quad (I)$$
- dans lequel n est compris de 8 à 14 et m est compris de 0 à 15, M étant un cation alcalin.
3. Plaque selon la revendication 1 ou 2 caractérisée en ce qu'elle comprend un
- 20
- alkyléthersulfate linéaire ou ramifié de formule  $C_nH_{2n+1}-(OCH_2CH_2)_m-OSO_3M$  dans lequel n est compris de 8 à 12 et m est compris de 1 à 6.
4. Plaque selon l'une des revendications 1 à 3 caractérisée en ce qu'elle comprend un
- 25
- mélange d'alkyléthersulfate et d'alkylsulfate.
5. Plaque selon l'une quelconque des revendications 1 à 4 caractérisée en ce que le
- sel de calcium soluble dans l'eau est choisi parmi le chlorure de calcium, le nitrite de calcium et le nitrate de calcium.
- 30
6. Plaque selon l'une quelconque des revendications 1 à 5 comprenant en outre au moins un parement.
7. Plaque selon la revendication 6 comprenant en outre au moins une couche de
- 35
- liaison entre le parement et le corps de la plaque.

8. Procédé de fabrication d'une plaque selon l'une des revendications 1 à 7 caractérisé en ce qu'il comprend au moins
- une étape de mise en contact entre au moins
    - o du ciment ;
    - 5 o de l'eau ;
    - o de 0,01 à 5 % d'un agent réducteur d'eau, d'un plastifiant ou d'un superplastifiant, % en masse par rapport à la masse de ciment ;
    - o de 0,45 à 5 %, d'un agent moussant, % en masse par rapport à la masse d'eau;
    - 10 o un sel de calcium soluble dans l'eau ;
    - o des particules minérales de taille de 0,1 à 300  $\mu\text{m}$  ;
- le ratio agent moussant sur sel de calcium soluble dans l'eau étant de 0,3 à 0,8 ;
- une étape d'introduction de gaz ou de mousse ;
  - une étape de mise en forme de la plaque.
- 15
9. Procédé de fabrication selon la revendication 8 comprenant en outre une étape supplémentaire d'amener au moins un parement.
10. Utilisation d'une plaque selon l'une quelconque des revendications 1 à 7
- 20 caractérisée en ce que la plaque est utilisée comme un élément sous carrelage, comme un élément de bardage des enveloppes des bâtiments, comme un élément de sous toiture ou comme un élément de construction sèche.



Figure 1

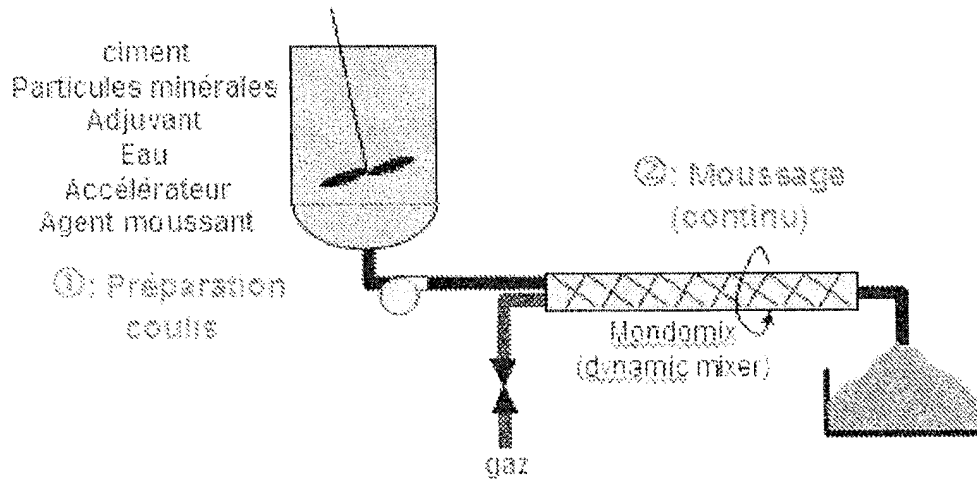


Figure 2

