



**CONFÉDÉRATION SUISSE**  
OFFICE FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

(51) Int. Cl.3: C 04 B 43/00  
C 04 B 15/02  
C 04 B 31/02  
C 08 K 7/28

Brevet d'invention délivré pour la Suisse et le Liechtenstein  
Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein



(11)

**619 912****(12) FASCICULE DU BREVET A5**

(21) Numéro de la demande: 14108/76

(73) Titulaire(s):  
BFG Glassgroup, Paris (FR)

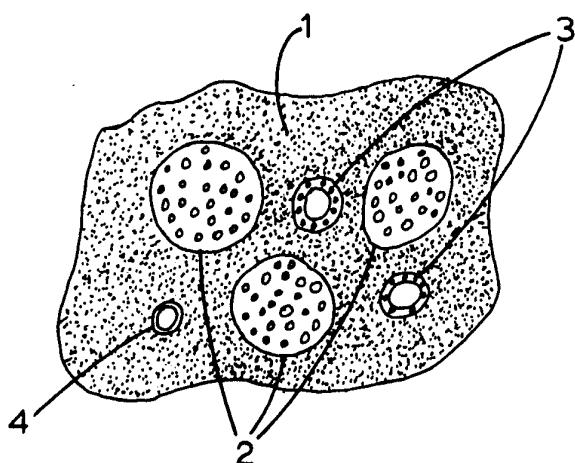
(22) Date de dépôt: 09.11.1976

(30) Priorité(s):  
14.11.1975 GB 47111/75  
24.09.1976 GB 47111/75(72) Inventeur(s):  
Daniel Le Ruyet, Plaisir (FR)  
Daniel De Vos, Charleroi (FR)

(24) Brevet délivré le: 31.10.1980

(45) Fascicule du brevet  
publié le: 31.10.1980(74) Mandataire:  
A. Braun, Basel**(54) Matériau composite comprenant des corps cellulaires répartis dans un liant.**

(57) Le matériau comprend des corps cellulaires répartis dans un liant, lesdits corps consistant pour une part en perles de verre de granulométrie allant jusqu'à 3 mm et pour l'autre en perles de verre de granulométrie supérieure à 3 mm. Ce matériau allie une bonne résistance mécanique et une bonne isolation thermique à un faible poids. Il peut être utilisé pour fabriquer des matériaux moulés légers, par exemple des bétons de structure pleine.



## REVENDICATIONS

1. Matériau composite comprenant des corps cellulaires répartis dans un liant ou une matière durcissable ou durcie, caractérisé en ce que les corps cellulaires comprennent, ou sont constitués par, i) une fraction de perles de verre cellulaire désignées par perles de la fraction fine d'une granulométrie jusqu'à 3 mm, contenant chacune une ou plusieurs cellules internes dont la section a une dimension maximale d'au moins 0,3 fois la grosseur de la perle, et ayant une paroi superficielle non cellulaire ou microcellulaire, et ii) une fraction de perles de verre cellulaire, désignées par perles de la fraction grossière, d'une granulométrie supérieure à 3 mm, chacune possédant un noyau multicellulaire dont la population des cellules par unité de volume est plus élevée que la population des cellules internes des perles de la fraction fine et possédant également une paroi superficielle non cellulaire ou microcellulaire.

2. Matériau composite selon la revendication 1, caractérisé en ce que les perles des fractions fine et grossière ont des parois superficielles imperméables à l'eau.

3. Matériau composite selon la revendication 1, caractérisé en ce que les perles de la fraction grossière couvrent une gamme de dimensions allant de 3 à 8 mm.

4. Matériau composite selon la revendication 3, caractérisé en ce que les perles de la fraction grossière couvrent une gamme de dimensions allant de 3 à 16 mm.

5. Matériau composite selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'une partie des perles de la fraction fine a des dimensions inférieures à 1 mm.

6. Matériau composite selon la revendication 1, caractérisé en ce que les perles de la fraction fine ont une densité en vrac ne dépassant pas 350 kg/m<sup>3</sup>.

7. Matériau composite selon la revendication 6, caractérisé en ce que les perles de la fraction fine ont une densité en vrac comprise entre 250 et 350 kg/m<sup>3</sup>.

8. Matériau composite selon la revendication 1, caractérisé en ce que les perles de la fraction grossière ont une densité en vrac ne dépassant pas 200 kg/m<sup>3</sup>.

9. Matériau composite selon la revendication 8, caractérisé en ce que les perles de la fraction grossière ont une densité en vrac comprise entre 80 et 200 kg/m<sup>3</sup>.

10. Matériau composite selon la revendication 1, caractérisé en ce que le liant ou la matrice est du ciment.

11. Matériau composite selon la revendication 10, caractérisé en ce que le volume total des perles des fractions fine et grossière est d'au moins 50% du volume à l'état sec de la matière constituant le matériau composite.

12. Matériau composite selon la revendication 10, caractérisé en ce que les perles de la fraction grossière se situent toutes ou en majeure partie dans la gamme de dimensions de 8 à 16 mm.

13. Matériau composite selon la revendication 10, caractérisé en ce que les perles de la fraction grossière sont classées en deux sous-fractions qui contiennent respectivement les perles dont les dimensions sont respectivement supérieures et inférieures à 8 mm, et en ce que le volume en vrac des perles de la sous-fraction de 3 à 8 mm est inférieur au volume en vrac des perles de l'autre sous-fraction, mais est plus grand que le volume en vrac des perles de la fraction fine.

14. Matériau composite selon la revendication 10, caractérisé en ce que le rapport des volumes en vrac des perles de la fraction grossière et des perles de la fraction fine est compris entre 6:1 et 1:1.

15. Matériau composite selon la revendication 10, caractérisé en ce que le rapport en volume des perles des fractions fine et grossière entrant dans la composition du matériau est tel que le matériau, à l'état sec, a une conductivité thermique inférieure à 0,25 kcal/m/h/°C.

16. Matériau composite selon la revendication 10, caractérisé en ce que le rapport en volume des fractions fine et grossière dans le matériau composite ainsi que leur répartition granulométrique sont tels que le matériau composite, à l'état sec, 28 j après la prise, possède une masse volumique inférieure à 950 kg/m<sup>3</sup> et une résistance à la compression supérieure à 60 kg/cm<sup>2</sup>.

17. Matériau composite selon la revendication 10, caractérisé en ce que le ciment contient aussi du sable.

18. Matériau composite selon la revendication 1, caractérisé en ce que le liant ou la matrice est une matière polymère synthétique.

19. Matériau composite selon la revendication 17, caractérisé en ce que le liant ou la matrice comprend du polyuréthane ou une résine phénolique, époxide ou polyester.

20. Utilisation du matériau selon la revendication 1 pour la préparation d'un matériau composite moulé léger formé d'un liant et d'agrégats grossiers et fins, caractérisée en ce que les agrégats fins ont une granulométrie allant jusqu'à 3 mm, ces agrégats étant composés, au moins en partie, de granules d'un produit expansé, les granules ayant vis-à-vis de l'eau un pouvoir absorbant inférieur à 7% en volume après une immersion de 24 h dans l'eau à température ordinaire, et une masse volumique apparente au plus égale à 350 kg/m<sup>3</sup>, et en ce que les agrégats grossiers ont une granulométrie comprise entre 3 et 30 mm, ces agrégats étant composés, au moins en partie, de granules d'un produit expansé, les granules présentant vis-à-vis de l'eau un pouvoir absorbant inférieur à 7% en volume après une immersion de 24 h dans l'eau à température ordinaire, et une masse volumique apparente au plus égale à 200 kg/m<sup>3</sup>.

21. Utilisation selon la revendication 20, caractérisée en ce que la masse volumique apparente des agrégats fins est comprise entre 80 et 250 kg/m<sup>3</sup>.

22. Utilisation selon la revendication 20, caractérisée en ce que la masse volumique apparente des agrégats grossiers est comprise entre 80 et 200 kg/m<sup>3</sup>.

23. Utilisation selon la revendication 20, caractérisée en ce que les agrégats grossiers ont une granulométrie comprise entre 3 et 16 mm.

24. Utilisation selon la revendication 20, caractérisée en ce que le produit expansé est le même pour les agrégats fins et grossiers.

25. Utilisation selon la revendication 20, caractérisée en ce que le produit expansé est au moins partiellement à l'état vitrifié.

26. Utilisation selon la revendication 20, caractérisée en ce que les granules sont des granules monocellulaires ou multicellulaires à pores fermés.

27. Utilisation selon la revendication 20, caractérisée en ce que les granules sont de forme sensiblement sphérique ou ellipsoïdale.

28. Utilisation selon la revendication 20, caractérisée en ce que le produit expansé est, au moins en partie, du verre expansé.

29. Utilisation selon la revendication 20, caractérisée en ce que le liant est du ciment.

30. Utilisation selon la revendication 20, caractérisée en ce que le liant est du plâtre, un bitume, une résine thermoplastique rigide ou alvéolaire ou une résine thermodurcissable.

31. Utilisation selon la revendication 20, caractérisée en ce que le produit expansé est, au moins en partie, de l'obsidienne expansée, du basalte expansé, de la rhyolite expansée, de la perlite expansée, de la scorie ou un laitier expansé.

32. Utilisation selon la revendication 20, caractérisée en ce que le matériau a une masse volumique apparente, au bout de 28 j, inférieure à 950 kg/m<sup>3</sup>, une conductivité thermique inférieure à 0,25 kcal/h/m/°C et une résistance à la compression, au bout de 28 j, supérieure à 60 kg/cm<sup>2</sup>.

33. Utilisation selon la revendication 32, caractérisée en ce que la matériau a une résistance à la compression, au bout de 28 j, de 70 à 120 kg/cm<sup>2</sup>.

La présente invention concerne des matériaux composites, comprenant des corps cellulaires répartis dans un liant ou dans une matrice durcissable ou durcie.

On connaît l'emploi de corps cellulaires, par exemple d'argile, de laitier ou de verre expansé, en tant qu'agrégats dans des compositions de matières aptes à être moulées, afin de réduire le poids des produits formés à partir de ces compositions ou encore d'en modifier les propriétés d'isolation thermique (brevet français N° 1336418).

Des problèmes se posent quant à la formulation de ces compositions de matières en vue d'obtenir la combinaison des propriétés requises. Cette situation est due en partie à la contradiction entre les différentes contraintes. A titre d'exemple, un problème se pose pour l'obtention de produits légers pour lesquels une résistance mécanique suffisante est exigée. Ce problème est d'autant plus difficile à résoudre lorsque, simultanément, on désire fabriquer des produits moulés ayant de bonnes propriétés d'isolation thermique. Ces problèmes ont surgi, entre autres, lors de la fabrication de bétons légers.

Du fait de l'incompatibilité entre les diverses propriétés recherchées, un compromis est nécessaire.

Le but proposé, et atteint par la présente invention, est d'obtenir un matériau composite, en particulier dans le domaine des bétons, qui présente à la fois une bonne résistance mécanique, un faible poids et une bonne isolation thermique. Les techniques antérieures ne permettent pas de réaliser ou de réaliser aussi aisément cette combinaison des trois caractéristiques énumérées.

Selon la présente invention, on propose un matériau composite comprenant des corps cellulaires répartis dans un liant ou une matrice durcissable ou durcie, caractérisé en ce que les corps cellulaires comprennent ou sont constitués par: i) une fraction de perles de verre cellulaire désignées par perles de la fraction fine, d'une granulométrie allant jusqu'à 3 mm, contenant chacune une ou plusieurs cellules internes dont la section a une dimension maximale d'au moins 0,3 fois la grosseur de la perle, et ayant une paroi superficielle non cellulaire ou microcellulaire, et ii) une fraction de perles de verre cellulaire désignées par perles de la fraction grossière d'une granulométrie supérieure à 3 mm, chacune possédant un noyau multicellulaire, dont la population des cellules par unité de volume est plus élevée que la population des cellules internes des perles de la fraction fine, et possédant également une paroi superficielle non cellulaire ou microcellulaire.

Il a été trouvé que, grâce à l'emploi, en tant que corps cellulaires, de perles de verre cellulaire dont la gamme de granulométrie s'étend au-dessus et en dessous de 3 mm, et en utilisant, pour constituer les fractions fine et grossière, des perles qui ont les particularités structurales indiquées ci-dessus, il est possible de produire des matériaux composites qui, à l'état durci, ont une résistance mécanique particulièrement élevée eu égard à leur poids spécifique et à leur conductivité thermique. En outre, les perles des fractions fine et grossière confèrent ensemble de bonnes propriétés d'isolation acoustique aux produits formés à partir de ces matériaux.

Un autre avantage de l'invention consiste en ce que l'on peut obtenir une bonne répartition des perles de verre à travers la masse du liant ou de la matrice. La facilité avec laquelle les perles peuvent être mélangées à un liant ou à une matrice durcissable est due à leur composition et à leur forme physique et elle est d'autant plus grande que la forme des perles est plus proche de la forme sphérique. De préférence, les perles de verre utilisées pour la mise en œuvre de l'invention possèdent une forme sensiblement sphérique. Cette condition n'est cependant pas essentielle. C'est ainsi que l'on peut également utiliser des perles d'une forme arrondie quelconque, par exemple des perles ellipsoïdales.

Dans les formes de réalisations préférées de l'invention, les perles des fractions fine et grossière ont des parois superficielles substantiellement imperméables à l'eau. Cette particularité procure l'avantage que les compositions de matières aptes à être

moulées (par exemple les mortiers, les bétons) peuvent être préparées sans avoir à tenir compte de l'absorption de l'eau par les perles; en outre, l'eau ne sera pas emprisonnée par les perles lors du séchage de la composition. Il faut encore remarquer que les propriétés d'isolation thermique du produit ne sont pas susceptibles d'être compromises par l'humidité absorbée par les perles. Les perles de verre cellulaires peuvent être considérées comme ayant des parois substantiellement imperméables à l'eau si l'absorption d'eau, après immersion des perles dans l'eau pendant 24 h, est inférieure à 20% en poids.

Pour un matériau composite donné, le rapport volumique optimal des perles de verre cellulaire au liant ou à la matrice dépend évidemment de nombreux facteurs et, entre autres, des propriétés du liant ou de la matrice, ainsi que de la résistance mécanique, de la conductivité thermique et des autres propriétés que l'on veut conférer au produit fini.

De préférence, les perles de la fraction grossière couvrent une gamme de dimensions s'étendant au moins jusqu'à 8 mm. D'une manière générale, il est préférable de ne pas utiliser des perles plus grosses que 30 mm et, dans la plupart des cas, il est préférable d'observer une dimension maximale inférieure à 30 mm. L'emploi d'une fraction grossière jusqu'à une dimension de 8 mm favorise l'obtention d'un rapport très avantageux entre la résistance mécanique et la densité des produits formés à partir du matériau composite. Certains matériaux composites, selon l'invention, comportent des perles de la fraction grossière couvrant une gamme de dimensions qui s'étend jusqu'à au moins 16 mm.

Les perles de la fraction fine couvrent, de préférence, une gamme de dimensions qui s'étend sensiblement en dessous de 3 mm. Pour un poids donné de perles de la fraction fine, une réduction de leur granulométrie conduit à une réduction de la conductivité thermique du produit et facilite l'obtention d'une répartition uniforme d'une proportion notable de ces perles dans le matériau. Compte tenu de ces considérations, certains matériaux, selon l'invention, contiennent des perles de la fraction fine qui couvrent une gamme de dimensions inférieure à 1 mm.

Les perles de la fraction fine ont de préférence une densité en vrac qui ne dépasse pas 350 kg/m<sup>3</sup>. L'observation de cette condition facilite l'obtention de produits ayant une conductivité thermique faible et une résistance à la compression relativement élevée. Dans certains matériaux, selon l'invention, les perles de la fraction fine ont une densité en vrac comprise entre 250 et 350 kg/m<sup>3</sup>.

Les perles de la fraction grossière ont de préférence une densité en vrac inférieure à celle des perles de la fraction fine. Dans certains matériaux, selon l'invention, les perles de la fraction grossière ont une densité en vrac qui ne dépasse pas 200 kg/m<sup>3</sup>. L'emploi de perles de la fraction grossière dans ces gammes conduit à l'obtention de produits de faible densité.

Le liant (ou la matrice) est constitué de préférence par du ciment. C'est dans ce domaine que l'invention permet d'obtenir les avantages les plus importants. La demande pour des bétons qui allient la légèreté à une bonne résistance mécanique et à une faible conductivité thermique a stimulé de nombreuses recherches au cours de ces dernières années et l'invention apporte, dans ce domaine, une contribution importante. En particulier, des bétons dans lesquels sont incorporées des perles de verre cellulaire de fractions fine et grossière présentant les caractéristiques requises selon la présente invention peuvent servir à former des structures monolithiques où s'allient les propriétés de résistance à la compression et d'isolation thermique. Ces bétons peuvent être utilisés, par exemple, pour former des murs, des planchers, des toits plats, des couches de revêtements, ainsi que des blocs et d'autres éléments préfabriqués destinés à des fins structurales ou autres.

Ci-dessus, des gammes préférées de granulométrie, pour les perles de verre cellulaire, ont été données. Ces gammes sont valables pour des matériaux composites comportant divers types de liant ou de matrice. Des expériences ont montré qu'en appli-

quant l'invention à la fabrication de bétons légers, c'est-à-dire en utilisant du ciment en tant que liant ou matrice, les résultats les plus avantageux peuvent être obtenus en respectant une ou plusieurs des conditions suivantes a) à f):

- a) le volume total des perles des fractions fine et grossière est d'au moins 50% du volume à l'état sec de la matière constituant le matériau;
- b) les perles de la fraction grossière se situent toutes ou en majeure partie dans la gamme de dimensions de 8 à 16 mm;
- c) les perles de la fraction grossière peuvent être classées en deux sous-fractions qui contiennent respectivement des perles dont les dimensions sont respectivement inférieures et supérieures à 8 mm et le volume en vrac des perles appartenant à la sous-fraction de 3 à 8 mm est inférieur au volume en vrac des perles de l'autre sous-fraction, mais est plus grand que le volume en vrac des perles de la fraction fine;
- d) le rapport des volumes en vrac des perles de la fraction grossière et des perles de la fraction fine est compris entre 6:1 et 1:1;
- e) le rapport en volume des perles des fractions fine et grossière entrant dans la composition du matériau est tel que le matériau à l'état sec a une conductivité thermique inférieure à 0,25 kcal/m/h/°C;
- f) le rapport en volume des fractions fine et grossière dans le matériau composite, ainsi que leur répartition granulométrique sont tels que le matériau composite à l'état sec, 28 j après la prise, possède une masse volumique inférieure à 950 kg/m<sup>3</sup> et une résistance à la compression supérieure à 60 kg/cm<sup>2</sup> et, de préférence, de l'ordre de 70 à 120 kg/cm<sup>2</sup>.

Les matériaux composites selon l'invention (et non seulement ceux dans lesquels du ciment est utilisé comme liant ou comme matrice) peuvent comporter un ou plusieurs autres agrégats supplémentaires, en plus des fractions fine et grossière de perles de verre cellulaires. Par exemple, les agrégats peuvent être constitués par d'autres perles de verre cellulaires, qui ne tombent pas dans les catégories spécifiées. Suivant un autre exemple, dans un béton léger, l'agrégat peut être constitué par du sable, en plus des fractions spécifiées fine et grossière de perles de verre cellulaires. La présence de sable tend à augmenter la résistance à la compression du béton après sa prise et constitue de ce fait une addition utile dans les cas où une résistance très élevée à la compression est requise alors que la densité maximale admissible du produit n'est pas trop basse.

L'invention peut être utilisée pour la fabrication de matériaux composites qui comprennent une matière polymère synthétique en tant que liant ou matrice. En mettant en œuvre l'invention, on peut préparer des matériaux composites où s'allient de manière avantageuse une bonne résistance mécanique et de bonnes propriétés d'isolation thermique et acoustique. Ces matériaux composites sont très utiles pour la production de panneaux ou d'autres éléments préfabriqués, destinés par exemple à la construction de bâtiments ou d'autres structures, ou pour la constitution *in situ* de couches ou d'enduits isolants.

Des matières polymères synthétiques convenables aptes à être utilisées en tant que liant comprennent des résines thermoplastiques et thermodurcissables. Des exemples de matières particulièrement satisfaisantes destinées à former des liants ou des matrices sont les polyuréthannes et les résines, phénoliques, époxydes et polyester. D'autres matières convenables pour le liant ou la matrice comprennent le plâtre et les bitumes.

Les perles de verre peuvent être des perles de verre naturel, par exemple l'obsidienne, de basalte, de rhyolite ou de perlite. Toutefois, de préférence, les perles de verre sont faites de verre manufacturé, par exemple de verre sodocalcique ou borosilicaté.

Des matériaux composites selon l'invention peuvent être versés dans un moule ou être travaillés à la truelle ou autrement, par exemple de la manière dont on applique habituellement le

plâtre ou lorsque l'on met en œuvre le béton pour former *in situ* des planchers ou d'autres structures de béton.

#### *Préparation des perles de la fraction fine*

Des perles possédant les caractéristiques requises pour constituer des perles de la fraction fine peuvent être produites, par exemple, en séchant par pulvérisation une matière de départ comprenant un milieu liquide contenant des particules de verre, un liant pour ces particules de verre et, si c'est nécessaire, un agent porophore pour former ainsi des perles dans lesquelles les particules de verre sont liées par le liant et qui contiennent l'agent porophore ou un gaz produit par ce dernier. Ces perles sont alors soumises à un chauffage afin de les transformer en perles de verre cellulaire. Par ce procédé, on obtient des perles de verre cellulaire dont la taille et la forme dépendent de la taille et de la forme des perles obtenues à l'issue de l'opération de séchage par pulvérisation; les caractéristiques des perles cellulaires peuvent être maintenues dans d'étroites limites. Lorsqu'on prépare les perles de verre cellulaire par un tel procédé, il est recommandé d'ajuster la viscosité de la matière de départ contenant les particules de verre, de manière qu'elle se situe dans l'intervalle de 200 à 10000 cPo. Le milieu liquide est, de préférence, de l'eau, et sa proportion est, de préférence, inférieure à 50% et, mieux encore, de 20 à 40% en poids, sur la base du poids total de la matière de départ. Au cours de l'opération de séchage par pulvérisation, une évaporation suffisante de l'eau des gouttes individuelles peut se produire au cours de périodes de chauffage très brèves. Des résultats très satisfaisants sont obtenus si les particules de verre de la matière de départ sont des particules de verre broyé dont les dimensions sont comprises entre 10 et 250 µ; toutefois, cette condition n'est pas critique. Le liant peut être dissous dans un milieu liquide continu ou dans un milieu liquide dispersé. Ce liant est, de préférence, une substance qui s'incorpore chimiquement au verre pendant le chauffage des perles jusqu'à la température de formation du verre. Le silicate de sodium est un liant particulièrement satisfaisant. D'autres liants qui peuvent être utilisés comprennent des substances polymères synthétiques, par exemple des résines phénoliques et époxydes, des polyesters et des polyamines. L'agent porophore peut consister en une substance gazeuse ou en une association de substances qui donnent lieu au dégagement d'un gaz assurant la formation de cellules pendant l'opération du séchage par pulvérisation ou pendant le chauffage subséquent des perles. Parmi les exemples de substances porophores convenables, on trouve les carbonates, par exemple le carbonate de calcium, les nitrates, par exemple le nitrate de sodium, l'urée et des substances combustibles, telles que le carbone et la sciure. Dans la plupart des cas, la vaporisation du véhicule liquide de la matière de départ produit un certain effet porophore et il est possible de laisser jouer à ce seul véhicule le rôle d'agent porophore. Si le liant est choisi convenablement, la formation des cellules peut être provoquée par le dégagement du gaz du liant.

Ci-après, on décrira un procédé convenant à la fabrication de la fraction fine ou d'une partie de la fraction fine des perles de verre cellulaire du matériau composite selon l'invention.

#### *Procédé de fabrication de la fraction fine des perles*

On mélange une solution aqueuse de silicate de sodium (38° B) avec de l'urée en poudre et des particules de verre d'une dimension de 20 à 100 µ. Les particules de verre sont des particules d'un verre ordinaire sodocalcique, ayant la composition suivante en poids: 70,4% de SiO<sub>2</sub>, 12,78% de Na<sub>2</sub>O, 12,14% de CaO, 1,77% de MgO, 1,92% de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, le restant étant constitué d'impuretés. On utilise 10,5 l de solution de silicate de sodium pour 20 kg de verre. La quantité d'urée utilisée est de 2% en poids, sur la base du poids du verre. De l'eau est ajoutée au mélange pour amener la viscosité de la matière de départ ainsi constituée à 3000 cPo. Cette matière est pulvérisée à l'aide d'air comprimé dans une colonne de séchage, dans un courant ascendant de gaz de combustion chauds,

provenant d'un four de chauffage de verre et ayant, à l'entrée dans cette colonne, une température comprise entre 200 et 400°C. Les gouttelettes pulvérisées ont des dimensions comprises entre 100 et 1000 µ. Dans la colonne de séchage, les gouttelettes sont emportées vers le haut par les gaz chauds ascendants. Au cours de cette ascension, l'eau s'évapore, de sorte que les gouttelettes sont transformées en perles, contenant chacune des particules de verre liées par le silicate de sodium en tant que liant. La décomposition de l'urée qui se produit au cours de ce séchage provoque une certaine expansion des perles. Les perles sont recueillies au sommet de la colonne de séchage. Elles sont alors introduites dans le four de chauffage de verre, dont la température de fonctionnement est maintenue dans l'intervalle de température de 800 à 1200°C. Dans ce four, les perles sont entraînées vers le haut par les gaz chauds ascendants. Les grains de verre contenus dans les perles sont amollis et le silicate de sodium s'incorpore chimiquement au verre. En même temps, les perles s'expansent par suite d'une décomposition plus poussée de l'urée et de l'accroissement de la pression des gaz à l'intérieur des perles. Les perles introduites dans le four sont ainsi transformées en perles de verre cellulaire. Celles-ci sont recueillies au sommet du four et sont alors refroidies dans un courant de gaz en dessous de la température de ramollissement du verre. Les perles cellulaires refroidies ont une forme plus ou moins sphérique et leurs dimensions sont comprises entre 250 µ et 2,5 mm. Les perles possèdent une structure cellulaire et ont une densité en vrac de l'ordre de 250 kg/cm<sup>3</sup>. La plupart des perles de la partie inférieure de la gamme comportent une grande cellule unique, le verre étant confiné en une mince paroi superficielle. La plupart des perles de la partie supérieure de la gamme contiennent plusieurs grosses cellules. Toutes les perles ont des parois superficielles sensiblement imperméables. Les parois superficielles de la plupart des perles de la partie supérieure de la gamme contiennent des microcellules. La présence des microcellules est moins évidente dans les parois des perles les plus petites. Les petites perles creuses, qui contiennent une seule grande cellule, et les grosses perles, qui contiennent plusieurs cellules dont une au moins a une dimension maximale d'au moins un tiers de la grosseur de la perle, peuvent être employées ensemble au titre de perles de la fraction fine du matériau composite selon la présente invention. En augmentant la quantité d'agent porophore et/ou en augmentant la température de chauffage à des valeurs plus élevées que celles ci-dessus, la grandeur moyenne des cellules des grosses perles peut être augmentée.

#### *Préparation des perles de la fraction grossière*

Les perles ayant les caractéristiques voulues pour constituer la fraction grossière du matériau composite peuvent être produites, par exemple, en formant des nodules d'un corps pâteux aqueux, comprenant des particules de verre et un agent porophore, et en soumettant ces nodules ultérieurement à des opérations de chauffage et de recuit. Si les ingrédients du mélange et le programme de chauffage et de refroidissement sont adéquats, les nodules se transforment en perles de la structure requise. Le mélange ne doit contenir qu'une petite proportion d'agent porophore, de préférence moins de 5% en poids sur la base du poids du verre. Pendant le chauffage, les particules de verre adhèrent d'abord entre elles pour fondre ensuite à partir de la surface des nodules. L'adhérence superficielle des particules de verre doit avoir lieu avant le dégagement du gaz de l'agent porophore. Les nodules doivent être chauffés suffisamment pour permettre l'expansion des perles sous la pression des gaz, tout en évitant que les perles s'affaissent ou que la totalité du verre fondu se déplace vers la périphérie des perles.

On donne ci-dessous un exemple d'un tel procédé de fabrication qui convient pour la formation de la fraction grossière des perles du matériau composite selon l'invention.

#### *Procédé de fabrication de la fraction grossière des perles*

On mélange du verre sodocalcique broyé dont la dimension moyenne des grains est de 6 µ et la surface spécifique de 3500 cm<sup>2</sup>/g, avec du calcaire broyé, dont la dimension moyenne des grains est de 4 µ. Le mélange s'effectue à raison de 2,25% de calcaire sur la base du poids du verre. A ce mélange, on ajoute de l'eau à raison d'environ 10% en poids, sur la base du poids total du verre et du calcaire.

Le mélange est introduit sur une assiette tournante pour former les nodules. Ces dernières sont déchargées et réparties en une couche uniforme sur une courroie en toile métallique qui transporte les nodules dont les dimensions sont approximativement de 5 à 10 mm, à travers un four tunnel maintenu à une température de 600 à 650°C. Les nodules séjournent dans le four pendant environ 13 mn. Pendant une période initiale d'environ 10 mn, les nodules sèchent et atteignent la température du four. Par conséquent, les nodules restent à cette dernière température pendant environ 2 à 3 mn. Cela suffit à amener les particules de verre des couches superficielles de chacun des nodules à s'agglomérer entre elles. La phase d'agglomération superficielle des nodules est importante, car elle a une influence importante sur les propriétés du produit final.

Ces nodules à surface agglomérée sont ensuite introduits dans un four à tambour rotatif maintenu à la température de 800°C.

Les nodules séjournent dans ce four pendant 3 à 4 mn. Pendant ce laps de temps, la rotation continue du tambour maintient les nodules en mouvement. Les particules de verre s'amollissent et le calcaire se décompose en dégagant du CO<sub>2</sub> qui assure la formation des cellules. Les nodules se transforment ainsi en perles de verre cellulaire dont les dimensions valent approximativement le double de la dimension des nodules initiaux. Les perles obtenues possèdent un noyau de mousse de verre entouré par une paroi non cellulaire ou faiblement cellulée. Les perles sont alors transportées sur une courroie transporteuse métallique à travers un tunnel de recuit, dans lequel les perles sont ramenées à la température de recuit (environ 500°C) et sont maintenues à cette température pendant 10 à 15 mn. Les perles sont ensuite rapidement refroidies jusqu'à la température ordinaire. Les perles de verre cellulaire formées ont une densité en vrac comprise entre 0,12 et 0,18 g/cm<sup>3</sup>.

Les perles possèdent une très faible perméabilité à l'eau, comme le montre le fait qu'après une immersion dans l'eau à la température ordinaire pendant une période de 24 h, les perles ont absorbé moins de 7% en volume d'eau. L'absorption d'eau après une exposition des perles pendant 24 h à une atmosphère d'une humidité relative de 99% à 20°C est inférieure à 0,25% en poids.

La quantité d'eau absorbée est moindre pour les perles dont la densité en vrac se situe dans la partie haute de la gamme des densités en vrac indiquée; elle peut descendre à 3% en volume et à moins de 0,1% en poids, respectivement dans les conditions spécifiées ci-dessus.

Les perles ont une résistance à l'écrasement dépassant 15 kg/cm<sup>2</sup>, même en ce qui concerne les perles ayant la densité en vrac la plus faible.

La fabrication du matériau composite selon l'invention requiert un simple mélange des corps cellulaires avec le liant ou la matrice choisie et avec de l'eau ou un autre véhicule liquide, lorsque celui-ci est requis. Lors de la préparation d'un béton léger, il est préférable de mélanger le ciment et les perles de verre cellulaire à l'état sec, d'ajouter ensuite l'eau et de poursuivre le mélange jusqu'à ce que les perles soient parfaitement enrobées. Suivant une variante, les perles peuvent être ajoutées à un mortier préalablement préparé.

Un fragment d'une structure formée à partir d'un matériau composite selon l'invention, fragment choisi à titre d'exemple, se trouve représenté par le dessin schématique annexé auquel il va maintenant être fait référence.

Tableau I (suite)

Le matériau composite qui forme la structure comprend une matrice ou un liant de ciment 1, dans lequel sont réparties des perles de verre cellulaire de la fraction grossière, telles que 2 (dont la grosseur dépasse 3 mm) et des perles de verre cellulaire d'une fraction fine, telles que 3 et 4, dont la grosseur est inférieure à 3 mm. Les perles 2 de la fraction grossière comportent un noyau multicellulaire, enveloppé d'une paroi superficielle sensiblement non cellulaire, substantiellement imperméable à l'eau. Les perles 3 de la fraction fine sont des perles creuses qui comprennent une paroi dont la structure est microcellulaire et est également substantiellement imperméable à l'eau. Les perles 4 de la fraction fine, qui ont une dimension plus petite que celle des perles 3 de la fraction fine, sont des perles creuses qui ont une paroi en substance non cellulaire et qui est également substantiellement imperméable à l'eau. Dans le dessin, pour rendre l'illustration plus claire, les perles des différentes fractions ne sont pas représentées à la même échelle.

La présente invention porte également sur l'utilisation dudit matériau composite pour la préparation d'un matériau composite moulé, par exemple d'un béton de structure pleine, formé d'un liant et d'agrégats grossiers et fins, caractérisée en ce que les agrégats fins ont une granulométrie allant jusqu'à 3 mm, ces agrégats étant composés au moins en partie de granules d'un produit expansé, les granules ayant vis-à-vis de l'eau un pouvoir absorbant inférieur à 7% en volume après une immersion de 24 h dans l'eau à température ordinaire, et une masse volumique apparente au plus égale à 350 kg/m<sup>3</sup>, et en ce que les agrégats grossiers ont une granulométrie comprise entre 3 et 30 mm, ces agrégats étant composés, au moins en partie, de granules d'un produit expansé, les granules présentant vis-à-vis de l'eau un pouvoir absorbant inférieur à 7% en volume après une immersion de 24 h dans l'eau à température ordinaire, et une masse volumique apparente au plus égale à 200 kg/m<sup>3</sup>. De plus, le matériau composite moulé est caractérisé de préférence en ce que le poids volumique apparent des agrégats fins et grossiers décroît lorsque le diamètre des agrégats augmente. D'autres particularités préférées de ces matériaux composites moulés sont précisées dans les revendications 22 à 34. Ces matériaux composites peuvent comprendre aussi une quelconque des particularités de l'invention, telles qu'elles ont été définies plus haut et précisées dans une des revendications 1 à 20 annexées. Comme exemple de compositions de matières aptes à être moulées, on citera des matières dans lesquelles du ciment en présence d'eau est utilisé en tant que liant.

Des mises en œuvre spécifiques de l'invention vont à présent être décrites à titre d'exemple.

#### Exemples 1 à 4

Le tableau I donne les compositions de quatre mélanges pour béton léger selon l'invention:

Tableau I

Ingrédients de la charge	Exemple N°			
	1	2	3	4
<b>Perles de verre cellulaire</b>				
Volume (l):				
0 à 3 mm	200	450	350	200
3 à 8 mm	350	—	—	—
8 à 16 mm	700	800	900	1070
Eau (l):				
Quantité théorique (rapport eau/ciment = 0,4)	120	140	160	140
Quantité pratique (rapport eau/ciment = 0,45)	135	157	180	157

55	Matériau	Densité (kg/m <sup>3</sup> )	Epaisseur totale du mur (cm)	Tableau II:	
				60	65
Béton ordinaire	2200 <sup>1</sup>	23 <sup>2</sup>			
Béton à argile expansé	1300	86			
Béton cellulaire autoclavé <sup>3</sup>	650	22			
Béton léger selon l'exemple 1	650	17			

<sup>1</sup> Masse volumique apparente du béton seul.

<sup>2</sup> Comprenant deux couches de béton d'une épaisseur de 10 cm et de 8 cm et un espace intermédiaire de 5 cm, rempli d'un isolant.

<sup>3</sup> Béton cellulaire que l'on trouve sur le marché sous les marques de fabrique Siporex, Ytong ou Durox.

