

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication : **2 705 663**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national : **93 06419**

⑤1 Int Cl⁵ : C 04 B 28/04 , 20/00 , B 28 B 3/00 (C 04 B 28/04 ,
24:26 , 14:06)

①2 **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

A1

②2 Date de dépôt : 28.05.93.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la
demande : 02.12.94 Bulletin 94/48.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Ce dernier n'a pas été
établi à la date de publication de la demande.*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : ASSOCIATION AMICALE DES
INGENIEURS DES PONTS ET CHAUSSEES ET DES
ANCIENS ELEVES DE L'ECOLE NATIONALE DES
PONTS ET CHAUSSEES DE FRANCE (A.E.N.P.C.)
— FR.

⑦2 Inventeur(s) : Ehrlicher Alain et Chonguye Hua.

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire : Cabinet Herrburger.

⑤4 Béton de sable de haute résistance en traction ainsi que pièces, notamment plaques minces destinées à l'industrie du bâtiment réalisées en un tel béton de sable et procédé de fabrication de ces pièces.

⑤7 Béton de sable de haute résistance en traction constitué par un agglomérat de grains de sable fin réunis par un liant hydraulique à base de ciment et notamment de ciment Portland, béton de sable caractérisé en ce qu'il renferme environ, en quantité pondérale et pour 100 kg de ciment 350 à 400 kg d'un sable très fin de granulométrie essentiellement uniforme et ne contenant pas de fines, 8 à 30 kg de fines en particulier de fines siliciques et 5 à 7 kg d'un polymère se présentant sous la forme d'une poudre très fine de granularité de préférence inférieure à 100 mesh, le rapport pondéral E/(C + F) dans lequel E représente la quantité d'eau, C la quantité de ciment et F la quantité de fines étant compris entre 0,20 et 0,35.

FR 2 705 663 - A1



" Béton de sable de haute résistance en traction ainsi que pièces, notamment plaques minces destinées à l'industrie du bâtiment réalisées en un tel béton de sable et procédé de fabrication de ces pièces "

5 La présente invention se rapporte à un béton de sable de haute résistance en traction constitué par un agglomérat de grains de sable fin réunis par un liant hydraulique à base de ciment et notamment de ciment Portland.

10 Le béton qui est un matériau qui résulte du mélange intime d'un liant hydraulique (ciment), d'eau et de granulats et dont les caractéristiques mécaniques augmentent avec le durcissement est utilisé depuis déjà de nombreuses années pour la construction
15 d'une large gamme d'ouvrages parmi lesquels on peut noter : immeubles, ponts, centrales nucléaires, barrages...

Les premiers bétons, particulièrement archaïques, ne contenaient que de l'eau, du ciment et
20 du sable ; le sable a, cependant, très rapidement été remplacé par un mélange granulaire contenant aussi une certaine quantité de sable, mais également, des gravillons, du gravier et des cailloux de façon à obtenir des niveaux de résistance nettement plus
25 élevés.

Dans ces bétons, le ciment, le sable et le gravier sont classiquement dosés de sorte que les vides entre gros éléments soient comblés par les éléments plus petits de manière à réaliser un béton plein et présentant une bonne cohérence. Les proportions usuelles sont environ de 300 kg de ciment pour une tonne de granulats ; dans ces derniers, la proportion de gros éléments, c'est-à-dire gravillons, graviers ou cailloux est usuellement double de la proportion de sable. La quantité d'eau ajoutée est quant à elle généralement de l'ordre de 8 à 10 % du poids des matières sèches.

Le ciment, qui constitue l'élément actif du mélange et forme avec l'eau au moment du malaxage une pâte qui enrobe les granulats et donne au béton sa plasticité peut avoir une composition susceptible de varier dans une certaine mesure en fonction de sa destination. On connaît en fait une grande variété de ciments ayant une composition normalisée et dont les caractéristiques (résistance, adhérence, porosité...) sont parfaitement connues ; parmi les ciments les plus couramment utilisés on peut noter le ciment Portland qui résulte de la cuisson à haute température d'un mélange de silice, de chaux, d'alumine et d'oxyde de fer.

Dans le but d'accroître les performances mécaniques des bétons, les chercheurs ont déjà proposé de faire varier la composition du mélange de base ciment/granulat ou encore d'y incorporer différents additifs ; à cet effet, il se sont essentiellement attachés d'une part à améliorer les propriétés du liant hydraulique et d'autre part à atteindre des compacités aussi grandes que possible.

Les problèmes d'environnement et de raréfaction des matériaux de construction tels que

gravillons, graviers ou cailloux font que le prix des bétons tendent à augmenter de plus en plus.

En effet, les matériaux granulaires extraits des carrières ne sont pas utilisés tels quels mais
5 sont fractionnés en différentes classes granulaires puis recomposés dans des proportions définies qui ne correspondent en règle générale pas aux quantités produites ; il en résulte à la fois des déficits et des excédents qui ne sont bien entendu pas sans
10 incidence sur les coûts.

Or, le sable est l'excédent le plus courant de la production des carrières, compte tenu du fait que la consommation en gravillons de celles-ci leur impose une surproduction importante en sable de
15 concassage qui devient ainsi un sous produit abondant.

Pour remédier aux inconvénients susmentionnés, on a déjà eu l'idée, de reprendre et de chercher à améliorer la technique ancienne des bétons de sable, pour tenter de proposer un béton constitué par un
20 mélange de base ciment/granulats dans lequel le granulats est exclusivement constitué par des grains de sable fin et ne contient ni gravillons ni graviers ni cailloux présentant des performances mécaniques satisfaisantes et en particulier une résistance en
25 traction élevée.

Un tel béton correspondrait en effet à un matériau de construction particulièrement avantageux, non seulement du point de vue de son prix de revient, mais également pour des raisons autres : en effet, un
30 béton de sable présenterait des propriétés intéressantes pour ce qui est de sa maniabilité (facilité de pompage), de sa cohésion et de son aspect esthétique.

Les recherches effectuées jusqu'à présent
35 pour mettre au point de tels bétons de sable, qui ont

essentiellement consisté à ajouter aux matériaux de départ, indépendamment du ciment, une certaine quantité de fines, c'est-à-dire de particules de granularité inférieure à 80 μ le plus souvent d'origine calcaire, n'ont cependant pas permis d'obtenir entièrement satisfaction.

La mise au point d'un béton de sable, présentant une résistance en traction élevée, peut en effet a priori sembler hasardeuse voire impossible compte tenu de la faiblesse de l'adhérence au niveau des zones de contact entre le liant hydraulique (ciment) et les grains de sable ; cette faiblesse a pu être confirmée par des photos prises sur des faciès de rupture d'éprouvettes en béton de sable réalisées à partir d'un mélange de base classique ciment Portland/sable sur lesquelles on voyait nettement apparaître des grains de sable semblant présenter une surface lisse.

Or, il est à noter que, dans le cadre des recherches sus mentionnées dans le but d'accroître les performances mécaniques des bétons, les spécialistes ne se sont pratiquement jamais penchés sur les problèmes pouvant être liés à la résistance de la liaison entre la pâte de ciment hydraté et les grains enrobés, et ont en fait admis que l'adhérence était suffisante pour assurer la continuité matrice-matériaux enrobés.

L'invention a pour objet de remédier aux inconvénients susmentionnés en proposant un béton de sable de haute résistance en traction.

L'idée à la base de l'invention a consisté à chercher à améliorer l'adhérence des matériaux au niveau de la zone de contact ciment/sable ou zone interfaciale.

A cet effet, l'invention concerne un béton

de sable de haute résistance en traction constitué par un agglomérat de grains de sable fin réunis par un liant hydraulique à base de ciment et notamment de ciment Portland.

5 Ce béton de sable est caractérisé en ce qu'il renferme environ, en quantité pondérale et pour 100 kg de ciment, 350 à 400 kg d'un sable très fin de granulométrie essentiellement uniforme et ne contenant pas de fines, 8 à 30 kg de fines en particulier de
10 fines siliciques et 5 à 7 kg d'un polymère se présentant sous la forme d'une poudre très fine, de préférence inférieure à 100 mesh, le rapport pondéral $E/(C + F)$ dans lequel E représente la quantité d'eau, C la quantité de ciment et F la quantité de fines
15 étant compris entre 0,20 et 0,35.

Conformément à l'invention, les particules de polymère doivent passer au travers d'un tamis de 100 mesh, c'est-à-dire comportant 100 mailles par pouce, ce qui correspond à une ouverture de maille de
20 l'ordre de 0,15 mm. Il s'agit donc là d'une poudre très fine.

La mise au point d'un tel béton de sable est basée sur le fait que lors de la fabrication de celui-ci, et en particulier des opérations de malaxage
25 indispensables, il se forme, autour des grains de sable, à cause de l'effet de paroi, une zone de contact riche en eau qui contribue à affaiblir le matériau ; pour remédier à cet inconvénient, on a eu l'idée, conformément à l'invention, d'ajouter au
30 mélange de base ciment/sable une quantité relativement faible d'un polymère très fin dont les particules sont capables de remplir les espaces interstitiels. Il est ainsi possible de diminuer l'épaisseur de la couche d'eau présente autour des grains de sable, grâce à un
35 empilement plus dense des particules ou grains de

sable et à la valeur élevée de la surface spécifique du polymère ; en conséquence, le polymère contribue par action physique à déshumidifier la zone de contact entre le sable et le liant hydraulique pour mieux
5 emprisonner les grains de sable dans le béton, et par suite agit de manière à augmenter dans une large mesure l'adhérence du liant sur les grains de sable.

Conformément à l'invention, on a pu mettre en oeuvre avantageusement en tant que polymère, un
10 polyvinyle d'acétate et d'alcool saponifié à environ 90 %, tel qu'à titre d'exemple le matériau commercialisé sous la dénomination "POVAL 205 S" (marque déposée) qui se présente sous la forme d'une poudre blanche de granularité inférieure à 100 mesh.
15 Ce polymère particulier n'est, bien entendu, mentionné qu'à titre d'exemple et on pourrait également mettre en oeuvre d'autres polymères sans pour cela sortir du cadre de l'invention.

Par ailleurs, on a proposé conformément à
20 l'invention, de combiner à l'action essentiellement physique du polymère une action physico-chimique tendant à "activer" la surface des grains de sable qui est naturellement inerte compte tenu de son caractère lisse. Selon l'invention, cette action est obtenue
25 grâce à l'addition de fines en particulier de fines siliciques, qui renferment une teneur importante en silice SiO_2 et ont une affinité électronique de contact avec les grains de sable. Ces fines agissent en induisant des réactions du type dit "pouzzolanique"
30 qui ont pour résultat de remplacer en partie l'hydroxyde de calcium $\text{Ca}(\text{OH})_2$ qui se forme sur la face des grains de sable par du silicate de calcium qui a une plus forte affinité physique avec la face des grains de sable notamment lorsque ceux-ci sont
35 constitués par du quartz ; en outre, on peut ainsi

provoquer une réaction entre le silicate de calcium et l'hydroxyde de calcium en formant des hydrates supplémentaires. A cette action physico-chimique propre des fines siliciques, vient s'ajouter une
5 action physique comparable à celle induite par les polymères : en effet, les particules de fines sont également aptes à remplir les espaces interstitiels du béton permettant ainsi d'obtenir un matériau plus dense et ayant une résistance plus élevée.

10 Conformément à l'invention, on a pu mettre en oeuvre, avec succès, deux types de fines.

Le premier de ces types correspond à des fumées de silice donc à des particules ultra-fines en quantité de 8 à 15 kg pour 100 kg de ciment.

15 Le second type correspond à de l'argile, et en particulier, à de la kaolinite en quantité de 15 à 30 kg pour 100 kg de ciment.

Les différences existant entre les quantités mises en oeuvre pour les deux types de fines sont
20 directement liées aux différences de prix de revient de ces deux matériaux : l'expérience a, en effet, permis de démontrer qu'au delà de 15 kg de fumées de silice pour 100 kg de ciment, la croissance obtenue de la résistance n'est pas intéressante au regard du
25 prix ; en revanche, l'argile étant environ deux fois moins chère que les fumées de silice, il est possible d'envisager, dans des conditions économiquement viables, l'addition de 30 kg d'argile pour 100 kg de ciment.

30 Par ailleurs, le sable entrant dans la composition du béton de sable conforme à l'invention est de préférence un sable dont le diamètre des grains d satisfait à la relation $d \leq 0,4 \text{ mm}$ et dont la surface spécifique est de l'ordre de $100 \text{ cm}^2/\text{g}$. On
35 peut, à titre d'exemple, utiliser du sable de

Fontainebleau qui présente la particularité d'être propre et non pollué et d'être d'un prix de revient particulièrement faible.

5 L'expérience a, en outre, montré que la quantité d'eau devait satisfaire à un rapport pondéral $E/(C+F)$ compris entre 0,20 et 0,35, soit nettement inférieure à celle des bétons qui ont déjà été proposés antérieurement pour lesquels le rapport $E/(C)$ est compris entre 0,60 et 0,70. On a en effet pu
10 constater que pour de plus faibles teneurs en eau, le mélange est trop sec, ce qui donne un matériau manquant de cohésion, tandis que pour les fortes teneurs en eau, les résistances du matériau ne sont pas satisfaisantes.

15 Selon une autre caractéristique de l'invention, on ajoute aux différents constituants du béton de sable, 3 à 4 kg d'un agent fluidifiant pour 100 kg de ciment, notamment le produit commercialisé sous la dénomination SIKA 10 (marque déposée).

20 L'invention se rapporte également à des pièces telles que des plaques minces d'épaisseur de l'ordre de centimètre destinées à l'industrie du bâtiment réalisées en un béton de sable correspondant aux caractéristiques susmentionnées. De telles plaques
25 minces peuvent avantageusement être utilisées en tant que plaques de parement, d'habillage ...

On a pu constater que de telles plaques peuvent avoir une résistance en traction par flexion au moins égale à 15 MPa.

30 Pour effectuer la mesure de la résistance en traction par flexion dans un essai en flexion 3-points, il est nécessaire, dans un premier temps, de fabriquer des éprouvettes de dimensions environ égales à 130x30x10 et de charger ces éprouvettes jusqu'à la
35 rupture. Une fois la force de rupture P connue, la

contrainte de rupture dite "résistance en traction par flexion" se calcule par la formule suivante :

$$\sigma_f = \frac{3PL}{2bd^2}$$

5 dans laquelle :

P représente la charge de rupture en Newtons,
L représente l'écart entre les rouleaux d'appui en mm,
b représente la largeur de l'éprouvette en mm,
10 d représente l'épaisseur minimale de l'éprouvette
mesurée après l'essai à l'endroit de la rupture en
mm.

L'invention se rapporte également à un
procédé de fabrication de ces pièces.

15 Selon une première variante, on mélange à
sec le ciment, le sable, les fines et le polymère dans
un malaxeur, notamment un malaxeur à pales, on ajoute
l'eau au mélange ainsi obtenu puis le cas échéant
l'agent fluidifiant en poursuivant le malaxage, on
20 répartit ensuite la pâte ainsi préparée dans un moule
de façon à obtenir une épaisseur homogène et on presse
la pâte répartie à environ 100 bars pendant au moins
15 minutes pour avoir un matériau très dense.

25 Une seconde variante consiste à préparer,
comme précédemment, un mélange sec ciment/sable/
fines, et à préparer parallèlement une solution de
polymère que l'on ajoute et malaxe avec le mélange
sec, avant d'y ajouter de l'eau pour compléter la
quantité d'eau nécessaire.

30 Conformément à cette seconde variante, la
fabrication des pièces se poursuit ensuite de manière
similaire à la première variante.

Il est néanmoins à noter que la préparation
de la solution de polymère est relativement
fastidieuse, car le polymère, au contact de l'eau, a
35

tendance à former des grumeaux très difficiles à éliminer par la suite. La meilleure solution consiste, en fait, à verser progressivement, tout en mélangeant, le polymère dans l'eau. La solution ainsi obtenue
5 ressemble à une mousse blanche qui "tombe" petit à petit et devient un liquide légèrement visqueux qui peut facilement être ajouté au mélange sec ciment/sable/fines.

Selon une autre caractéristique de l'inven-
10 tion, avant de répartir la pâte dans un moule, on la traite dans un malaxeur à rouleaux de façon à réaliser un malaxage à haut cisaillement. Ce malaxage est relativement facilité par la consistance de la pâte : lisse mais non gluante.

15 Il est également à noter que l'opération de moulage peut elle-même poser quelques problèmes compte tenu du fait que la pâte ne contient que peu d'eau et est donc peu maniable : il est par suite difficile de la répartir de manière homogène dans le moule ; or, en
20 cas de mauvaise répartition, il n'est pas possible d'obtenir, après le pressage, une plaque homogène, car, certains endroits sont mieux pressés que d'autres. Il est possible de remédier au moins partiellement à ce problème par l'utilisation d'une
25 réglette égalisatrice notamment en plexiglas permettant de tasser le matériau de façon pratiquement homogène sur une largeur de plaque ; un tel dispositif permet aussi d'obtenir des plaques d'épaisseur et de densité constante possédant un bel aspect.

30 Selon une autre caractéristique de l'invention, après leur moulage, on laisse reposer les pièces en béton de sable sous cellophane pendant environ une semaine avant de les soumettre à un traitement d'hydratation en les plongeant dans l'eau pendant
35 environ une semaine et de les laisser à nouveau

reposer en milieu sec de façon à favoriser la polymérisation du polymère.

On a pu constater que ce traitement ultérieur dit "cure d'hydratation" permet d'améliorer dans une large mesure la résistance du matériau en complétant de façon satisfaisante l'hydratation. On a, en outre, pu constater qu'un tel traitement à l'eau renforce la résistance du matériau mouillé.

Les caractéristiques de l'invention seront décrites plus en détail en se référant aux exemples ci-dessous :

EXEMPLE 1 :

On a fabriqué un béton de sable selon deux modes de préparation différents en utilisant un malaxeur à pales Hovart (marque déposée).

Conformément au premier de ces modes de préparation, on a mélangé le polymère à sec avec le ciment, le sable et les fines pendant 30 secondes à la vitesse v1 du malaxeur à pales puis 60 secondes à la vitesse v2. On a, ensuite, ajouté l'eau en poursuivant le malaxage (60 secondes à v1, 60 secondes à v2) puis le fluidifiant (malaxage : 30 secondes à v1, 60 secondes à v2, 60 secondes à v3).

Conformément au second mode de préparation, on a préparé un mélange sec ciment/sable/fines de la même façon que précédemment (malaxage : 30 secondes à v1, 60 secondes à v2) et séparément, on a préparé une solution de polymère que l'on a ajoutée au mélange sec ciment/sable/fines (malaxage : 60 secondes à v1, 60 secondes à v2). On a ensuite ajouté la quantité d'eau complémentaire nécessaire et le fluidifiant de la même façon que précédemment.

Dans les deux cas, la pâte obtenue a été traitée dans un malaxeur à rouleaux SCAMIA (marque

déposée). On a ensuite moulé cette pâte dans un moule en Duralium de façon à obtenir des plaques de taille 280x320x10 que l'on a découpées en éprouvettes-échantillons de taille égale à 130x30x10.

5 On a ensuite mesuré la résistance en traction par flexion de ces échantillons en utilisant la formule susmentionnée :

$$\sigma_f = \frac{3PL}{2bd^2}$$

10 Cet essai a été successivement effectué pour deux compositions différentes de béton de sable mentionnées dans le tableau I figurant ci-dessous :

15 TABLEAU I : Composition du béton de sable

N°	Ciment (kg)	Sable (kg)	Polymère (kg)	Fine (kg)	Fluidifiant (kg)	Eau (kg)
1	350	1400	20	50 F.S	12.25	122.5
2	350	1350	20	100 Arg	12.25	135.0

20 Dans ce tableau, F.S signifie fumées de silice et Arg signifie argile.

25 Pour la première composition, on a ajouté le polymère sous forme de solution alors que pour la seconde composition, on l'a successivement ajouté sous forme de solution (matériau 2a) et sous forme de poudre (matériau 2b).

30 Les résistances en traction par flexion des échantillons correspondant aux matériaux 1, 2a et 2b sont rassemblées dans le tableau II figurant ci-dessous :

TABLEAU II : Résistances testées

Age(jours)	7	14	21
5 mat-1 (MPa)	2.5	12.9	13.8
mat-2a (MPa)	14.2	17.5	17.8
mat-2b (MPa)	6.6	13.7	15.2

Les résultats donnés dans ce tableau II sont des valeurs moyennes.

10 Le tableau II montre que l'adjonction du polymère en solution donne de meilleurs résultats que lorsqu'il est ajouté en poudre ; on peut penser que ce résultat est dû au fait que le polymère se disperse moins bien dans le matériau lors d'une adjonction en
15 poudre.

On voit également que les fumées de silice entrant dans la composition 1 ne donnent pas de meilleurs résultats que l'argile entrant dans les compositions 2a et 2b. Il semblerait que ceci puisse
20 être dû à deux raisons :

- cet essai a été effectué en utilisant en tant qu'argile une kaolinite contenant environ 70 % de SiO_2 , ce qui autorise la réaction pouzzolanique et permet donc d'obtenir un effet similaire à celui
25 pouvant être obtenu avec les fumées de silice, à savoir un renforcement de la zone de contact entre le liant hydraulique et les grains de sable ; l'argile peut donc, de ce point de vue, jouer exactement le même rôle que des fumées de silice.
- 30 - en outre, l'argile est également sous forme très fine et est présent en une quantité double de celle des fumées de silice de façon à obtenir des matériaux de prix similaire ; les fines remplissent ainsi mieux les interstices, ce qui conduit à

l'obtention d'un matériau plus dense, donc de résistance plus élevée.

Indépendamment de ce qui précède, on a effectué une cure d'hydratation sur des échantillons des matériaux 2a et 2b en les plongeant trois jours dans l'eau à l'âge de sept jours ; on a calculé la résistance en traction par flexion de ces échantillons au bout de 14 et 21 jours, en les comparant avec des échantillons similaires n'ayant pas subi de cure d'hydratation. Les résultats obtenus sont rassemblés dans le tableau III figurant ci-dessous :

TABLEAU III : Comparaison entre des échantillons traités et non traités.

15

Age (jours)	7	14	21
mat-2a sans cure (MPa)	14.2	17.5	17.6
mat-2a avec cure (MPa)	--	18.0	18.4
mat-2b sans cure (Mpa)	6.6	13.7	15.2
mat-2b avec cure (MPa)	--	18.3	17.4

20

Ce tableau montre clairement que les échantillons qui ont subi une cure d'hydratation permettent d'obtenir de meilleurs résultats que ceux qui n'en ont pas subi.

25

De plus, le traitement par cure d'hydratation diminue la différence de résistance entre les échantillons dans lesquels l'ajout de polymère a été effectué en solution et ceux dans lesquels l'ajout de polymère a été effectué en poudre.

30

En conséquence, la cure d'hydratation complète la dissolution du polymère. Compte tenu des complications qu'induit l'adjonction de polymère en solution, il semble préférable de l'ajouter en poudre en le mélangeant à sec avec le ciment, le sable et les

35

finies, puis de faire subir aux pièces une fois moulées une cure d'hydratation.

EXEMPLE 2 :

5 Cet exemple se rapporte à des tests qui ont été effectués à partir de 4 plaques moulées dans le béton de sable 2a défini dans l'exemple 1.

10 Chacune de ces quatre plaques a été découpée en trois parties égales correspondant respectivement à trois traitements différents répertoriés dans le tableau IV figurant ci-dessous :

TABLEAU IV : Les différents traitements

15

	Semaine 1	Semaine 2	Semaine 3	Semaine 4	Semaine 5
partie 1	cellophane	air	air	air	
partie 2	cellophane	eau	air	air	
partie 3	cellophane	eau	air	eau	air

20 Les tiers de plaques ont été numérotés de 1 à 3 en respectant une permutation pour tenir compte des problèmes d'homogénéité, comme représenté sur le tableau V figurant ci-dessous :

25 TABLEAU V : Découpage des plaques

30

partie 1	partie 2	partie 3	partie 2	partie 3	partie 1
n° 1			n° 2		
partie 3	partie 1	partie 2	partie 1	partie 2	partie 3
n° 3			n° 4		

Chaque partie a été ensuite découpée en six éprouvettes échantillons ayant pour dimensions 130x30x10.

Les parties 1 et 2 ont été testées à l'âge de 4 semaines tandis que les parties 3 ont été testées à l'âge de 5 semaines pour leur laisser le temps de sécher. Pour chaque partie (découpée en 6 éprouvettes) 3 éprouvettes ont été testées sèches tandis que les trois autres ont été testées mouillées, c'est-à-dire après être restées au moins 3 heures dans l'eau.

Les résultats obtenus sont dans l'ensemble très homogènes et il est difficile de pouvoir distinguer des différences entre les différentes zones d'une même partie de plaque. On peut donc légitimement donner ces résultats sous forme de moyenne des résistances des éprouvettes. Ces moyennes sont données dans le tableau VI figurant ci-dessous :

TABLEAU VI : Les différents traitements

N°	partie 1		partie 2		partie 3	
	s	m	s	m	s	m
Echantillon n°1 (MPa)	12.33	6.15	14.86	7.16	12.84	7.62
Echantillon n°2 (MPa)	11.85	6.67	14.50	7.28	13.36	6.23
Echantillon n°3 (MPa)	12.90	5.48	14.68	6.89	13.98	7.00
Echantillon n°4 (MPa)	14.06	5.22	14.91	7.15	13.04	7.67
Moyenne (MPa)	12.76	5.88	14.73	6.87	13.30	7.17

Dans ce tableau, les lettres s et m signifient respectivement sec et mouillé.

On peut noter que les moyennes des valeurs par tiers de plaque sont elles-mêmes très homogènes,

surtout pour les parties traitées (partie 2 et partie 3).

L'examen de ces résultats amène les commentaires suivants :

- 5 - de façon générale, la résistance des éprouvettes testées mouillées est, environ, moitié moindre que celle des éprouvettes testées sèches. Cette chute reste raisonnable par rapport au même type de résultats sur le béton classique.
- 10 - la répétition des opérations de mouillage pour les parties 3 n'induit pas une diminution de résistance, ce qui signifie que les éprouvettes reprennent leur résistance lorsqu'elles sèchent. Il s'agit là d'un résultat important, car il permet de prouver que le
- 15 béton de sable, selon l'invention, peut être utilisé comme matériau de façade.

Par ailleurs, on a pu constater que la résistance des éprouvettes augmente encore au bout de plusieurs mois, comme le prouve le tableau VII figurant ci-dessous :

TABLEAU VII : La résistance à long terme

Age	4 semaines	4 mois	5 mois
25 Test sec (MPa)	14.73	18.74	20.23
Test mouillé (MPa)	6.87	8.01	--

30 Compte tenu de ce qui précède, l'invention permet donc de proposer un béton de sable très intéressant car particulièrement bon marché tout en étant très résistant, et en outre, ayant un durcissement beaucoup plus long que celui du béton classique à cause de la forte imperméabilité du

35 matériau.

R E V E N D I C A T I O N S

1) Béton de sable de haute résistance en traction constitué par un agglomérat de grains de sable fin réunis par un liant hydraulique à base de ciment et notamment de ciment Portland, béton de sable
5 caractérisé en ce qu'il renferme environ, en quantité pondérale et pour 100 kg de ciment 350 à 400 kg d'un sable très fin de granulométrie essentiellement uniforme et ne contenant pas de fines, 8 à 30 kg de
10 fines en particulier de fines siliciques et 5 à 7 kg d'un polymère se présentant sous la forme d'une poudre très fine de granularité de préférence inférieure à 100 mesh, le rapport pondéral $E/(C + F)$ dans lequel E représente la quantité d'eau, C la quantité de ciment
15 et F la quantité de fines étant compris entre 0,20 et 0,35.

2) Béton de sable selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il referme un sable dont le diamètre des grains d satisfait à la relation $d \leq 0,4$
20 mm et dont la surface spécifique est de l'ordre de 100 cm^2/g .

3) Béton de sable selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que le polymère est constitué par un polyvinyle d'acétate et
25 d'alcool saponifié à environ 90 %.

4) Béton de sable selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il referme en tant que fines et pour 100 kg de ciment, 8 à 15 kg de fumées de silice.

5) Béton de sable selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il referme, en tant que fines et pour 100 kg de ciment, 15 à 30 kg d'argile, de préférence de kaolinite.

6) Béton de sable selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'il referme
35

pour 100 kg de ciment, 3 à 4 kg d'un agent fluidifiant.

5 7) Pièces notamment plaques minces d'épaisseur de l'ordre du centimètre ayant une résistance en traction par flexion au moins égale à 15 MPa destinées à l'industrie du bâtiment, caractérisée en ce qu'elles sont réalisées en un béton de sable selon l'une quelconque des revendications 1 à 6.

10 8) Procédé de fabrication de pièces selon la revendication 7, caractérisé en ce qu'on mélange à sec le ciment, le sable, les fines et le polymère dans un malaxeur, notamment un malaxeur à pales, on ajoute l'eau au mélange ainsi obtenu puis le cas échéant l'agent fluidifiant en poursuivant le malaxage, on
15 répartit ensuite la pâte ainsi préparée dans un moule de façon à obtenir une épaisseur homogène et on presse la pâte répartie à environ 100 bars pendant au moins 15 minutes pour avoir un matériau très dense.

20 9) Procédé de fabrication de pièces selon la revendication 7, caractérisé en ce que l'on mélange à sec le ciment, le sable et les fines dans un malaxeur, notamment un malaxeur à pales, on prépare parallèlement une solution de polymère que l'on ajoute au mélange sec ciment/sable/fine et malaxe avec celui-
25 ci, puis on ajoute au mélange ainsi obtenu de l'eau pour compléter la quantité d'eau nécessaire puis le cas échéant l'agent fluidifiant en poursuivant le malaxage, on répartit ensuite la pâte ainsi préparée dans un moule de façon à obtenir une épaisseur
30 homogène et on presse la pâte répartie à environ 100 bars pendant au moins 15 minutes pour avoir un matériau très dense.

35 10) Procédé selon l'une quelconque des revendications 8 et 9, caractérisé en ce que, avant de répartir la pâte dans un moule, on la traite dans un

malaxeur à rouleaux de façon à réaliser un malaxage à haut cisaillement.

11) Procédé selon l'une quelconque des revendications 8 à 10, caractérisé en ce que, après leur moulage, on laisse reposer les pièces en béton de sable sous cellophane pendant environ une semaine avant de les soumettre à un traitement d'hydratation en les plongeant dans l'eau pendant environ une semaine et de les laisser à nouveau reposer en milieu sec de façon à favoriser la polymérisation du polymère.

15

20

25

30

35