



12 **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

21 Numéro de dépôt : **92400491.4**

51 Int. Cl.⁵ : **E04G 21/12, E04C 5/01**

22 Date de dépôt : **26.02.92**

30 Priorité : **27.02.91 FR 9102340**

72 Inventeur : **Gerard, Michel**
Belessert
F-50110 Tourlaville (FR)

43 Date de publication de la demande :
02.09.92 Bulletin 92/36

74 Mandataire : **Mongrédien, André et al**
c/o BREVATOME 25, rue de Ponthieu
F-75008 Paris (FR)

84 Etats contractants désignés :
BE CH DE ES FR GB IT LI NL SE

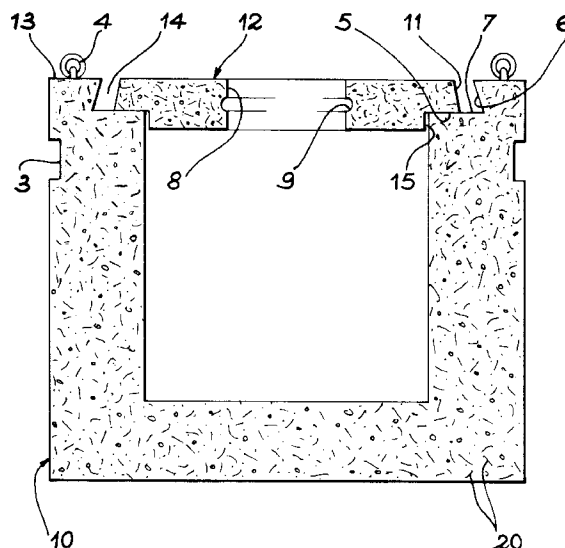
71 Demandeur : **COGEMA (COMPAGNIE**
GENERALE DES MATIERES NUCLEAIRES)
2, rue Paul Dautier B.P. 4
F-78141 Velizy-Villacoublay Cédex (FR)

54 **Béton et son procédé de mise en précontrainte, conteneur fabriqué avec ce béton.**

57 Le béton selon l'invention a des caractéristiques de durabilité et de résistance mécanique supérieures équivalentes aux bétons précontraints.

Il comprend des fibres (20) noyées dans un béton traditionnel, ces fibres étant soit des fibres en alliage métallique à mémoire de forme, soit des fibres thermorétractables. Un traitement thermique ultérieur permet à ces fibres de prendre une forme permettant d'imposer dans tout le volume du béton coulé des contraintes de compression.

Application à la fabrication des conteneurs de déchets radioactifs.



DOMAINE DE L'INVENTION

L'invention concerne de manière générale les bétons performants, c'est-à-dire devant subir des contraintes mécaniques importantes comme les bétons précontraints. Elle concerne en particulier les bétons à haute durabilité convenant particulièrement bien pour réaliser des fûts ou des enceintes devant contenir des déchets industriels dangereux, solides ou liquides, et en particulier des déchets radioactifs ou des déchets chimiques très toxiques. Elle s'applique aussi à tout ouvrage de génie civil.

ART ANTERIEUR

Les bétons traditionnels sont généralement constitués d'un mélange de ciment, d'agrégats minéraux naturels ou artificiels tels que des graviers, de sable, d'adjuvants éventuels et d'un liant hydraulique comme l'eau. Le procédé traditionnel de fabrication d'un produit en béton coulé est le suivant.

1°) Le mélange est effectué à l'aide d'un malaxeur pour obtenir un mélange intime des différents composants.

2°) Le béton ainsi obtenu est transféré dans le coffrage dont la forme correspond au produit à obtenir.

3°) Le béton est coulé dans le coffrage, avec éventuellement l'apport d'une vibration au cours du remplissage.

4°) Le produit moulé est démoulé par ablation du coffrage.

5°) Le béton est durci au cours d'une "cure" qui peut durer de un jour à un mois, suivant le type de béton utilisé et du produit fabriqué.

La qualité du produit fabriqué avec ce béton dépend beaucoup des conditions de cure du béton. En effet, des microfissures peuvent apparaître et altérer les propriétés mécaniques finales du produit. Ces microfissures entraînent alors le début d'un phénomène de "ruine" de la structure du produit. Ce phénomène de ruine peut se prolonger par l'apparition de macrofissures entraînées par des contraintes mécaniques atteignant les limites de résistance du béton.

On sait renforcer des bétons par l'introduction de fibres dans le mélange pour améliorer la résistance mécanique et diminuer fortement l'apparition des microfissures avant l'apparition de fissures visibles. Par contre, elle ne permet pas de retarder l'apparition des macrofissures dans la structure du produit lorsque des efforts en compression ou en traction sont appliqués à ce dernier.

Comme le décrit la demande de brevet français, publiée sous le numéro 2 640 410, un tel béton est utilisé pour fabriquer des conteneurs de stockage de déchets radioactifs. Ce conteneur comprend un fût pourvu d'une ouverture pour l'introduction des déchets et un couvercle d'obturation étanche. Le conteneur est entièrement réalisé en béton renforcé par des fibres métalliques.

Or, on éprouve le besoin d'améliorer les performances de ce type de béton pour fabriquer des conteneurs dont les caractéristiques de solidité et de durabilité seraient plus performantes que les précédentes. On se propose donc de fournir un béton précontraint qui puisse avoir des caractéristiques mécaniques supérieures à des bétons précontraints actuellement fabriqués. Or, le principal procédé de mise en précontrainte d'un bloc de béton consiste actuellement à noyer dans le bloc une ou plusieurs gaines à l'intérieur desquelles se trouvent des câbles métalliques qui sont mis sous tension une fois que le durcissement du béton est obtenu, de manière à précontraindre en compression le bloc de béton.

Le but de l'invention est de fournir un béton qui puisse répondre aux exigences actuelles imposées pour la production de conteneurs de déchets radioactifs, tout en évitant d'utiliser le type de précontrainte du béton décrit dans le paragraphe précédent.

RESUME DE L'INVENTION

A cet effet, un premier objet de l'invention est un procédé de mise en précontrainte d'un béton fabriqué à partir d'un mélange déterminé, consistant à :

- introduire de façon aléatoire dans le mélange des fibres dont les formes ou les dimensions peuvent évoluer dans le temps sous l'action d'un transfert d'énergie ;
- couler le béton dans un coffrage ;
- démouler le béton coulé ;
- durcir le béton durant une période de cure ;
- procéder à un traitement thermique pour que les dimensions ou la forme des fibres évoluent, de manière à imposer des contraintes mécaniques de compression dans le béton.

On peut ainsi à chaque endroit du produit de béton obtenu imposer une contrainte de compression qui peut avoir les mêmes effets que les contraintes de compression imposées par les câbles métalliques en traction

utilisés dans les blocs de béton précontraint traditionnellement.

Un deuxième objet principal de l'invention est donc un béton à fibres constitué :

- d'un agglomérat de sable, de gravier et de ciment réunis au moyen d'un liant hydraulique ;
- de fibres artificielles noyées dans l'agglomérat dans des positions diverses et aléatoires.

5 Selon l'invention, les fibres utilisées sont du type de celles dont les formes ou les dimensions peuvent évoluer dans le temps sous l'action d'un transfert d'énergie, pour créer une contrainte de compression dans le béton.

Deux sortes de fibres peuvent être utilisées :

- des fibres en alliage métallique à mémoire de forme ;
- 10 - des fibres thermorétractables.

La forme préférentielle de ces fibres est une lamelle très plate dont la longueur est comprise entre un et dix centimètres.

Le troisième objet principal de l'invention est un conteneur de stockage pour déchets radioactifs, comprenant un fût pourvu d'une ouverture d'introduction des déchets et d'un couvercle d'obturation étanche de cette
15 ouverture. Selon l'invention, le conteneur est réalisé totalement avec un béton, tel qu'il vient d'être résumé dans les paragraphes précédents.

DESCRIPTION DETAILLEE D'UN MODE DE REALISATION DE L'INVENTION

20 L'invention et ses caractéristiques techniques seront mieux comprises à ta lecture de la description suivante, illustrée par l'unique figure représentant un conteneur selon l'invention.

Pour élaborer le béton selon l'invention, on utilise les matériaux de base nécessaires à l'élaboration d'un béton traditionnel. Ces matériaux sont constitués d'agréments minéraux, c'est-à-dire des graviers naturels ou artificiels, du sable et du ciment. A ce mélange de produits solides en poudre sont ajoutées les fibres en vrac,
25 c'est-à-dire que celles-ci peuvent prendre n'importe quelle position. Une fois ce mélange effectué, le liant hydraulique, de préférence de l'eau, est alors ajouté. L'ensemble est malaxé dans une machine de manière à obtenir un mélange intime de ces différents composants.

La deuxième phase du procédé selon l'invention consiste bien entendu à couler le béton frais dans le coffrage dont la forme interne correspond à la forme externe du produit à obtenir. Pour faciliter cette opération,
30 le coffrage ou le moule est généralement posé sur une table vibrante en fonctionnement. Les vibrations permettent de réaliser un béton très compact et d'obtenir un produit possédant une très faible porosité. Un bel aspect de surface et une bonne résistance mécanique peuvent être également obtenus en utilisant cette table vibrante. Des moyens de vibration interne peuvent être utilisés pour les pièces de grandes dimensions. On note que la position des fibres est quelconque.

35 Certains produits nécessitent l'utilisation d'une armature interne, telle qu'un ferrailage métallique, dans le but de renforcer les propriétés mécaniques du produit obtenu. Le ferrailage est alors introduit dans le moule avant la coulée du béton.

Après une première période de séchage, le béton est d'émoulé, c'est-à-dire que le coffrage est démonté et enlevé du béton coulé.

40 On procède alors à une phase de séchage du produit obtenu pour durcir le béton. Cette phase est une cure qui peut avoir une durée d'un jour à un mois.

La durée de la cure varie suivant le type de ciment utilisé et du type de produit fabriqué. Pendant cette cure du béton, se produit une réaction d'hydratation du ciment, appelée également "prise du béton".

45 Selon l'invention, on procède alors à un traitement thermique permettant un transfert d'énergie par une variation de la température des fibres, pour que leurs formes ou leurs dimensions évoluent. En effet, sous l'action d'une légère augmentation, ou d'une diminution, de température, un tel type de fibres prend une forme rétractée ou retrouve une forme initiale.

Une première catégorie de fibres utilisées à cet effet est constituée par des fibres métalliques, dites "à mémoire de forme". En effet, lorsqu'un métal ou un alliage ordinaire est soumis à une sollicitation mécanique
50 supérieure à sa limite d'élasticité, il subit une déformation plastique qui persiste après la cessation de la contrainte. Sa forme et sa dimension n'évoluent pratiquement plus si l'on soumet de nouveau l'alliage ou le métal à un traitement thermique quelconque. Par contre, les alliages à mémoire de forme n'ont pas ce comportement, car dans une certaine gamme de températures, un échantillon d'un tel matériau peut subir une déformation apparemment plastique de plusieurs pour-cent et retrouver intégralement sa forme initiale par simple
55 chauffage ultérieur. Ce phénomène appelé mémoire de forme est associé à une transformation structurale réversible du type "martensitique thermo-élastique", se produisant entre une première température T_1 , à laquelle on avait formé l'échantillon, et une deuxième température T_2 supérieure ou inférieure à T_1 , à laquelle l'échantillon doit être chauffé ou refroidi pour qu'il retrouve sa forme.

Dans le procédé selon l'invention, on utilise des fibres dont la forme initiale était celle que l'on désire les voir prendre pour que le béton soit comprimé, c'est-à-dire précontraint. Cette forme est de préférence une forme rétractée, recourbée, plus ou moins recroquevillée, par rapport à une forme intermédiaire qui serait plutôt linéaire ou complètement droite.

5 Parmi les matériaux utilisés, on peut citer les alliages du type NiTi (nickel, titane et dopants) et le CuZnAl (laiton, aluminium et dopants). Pour ce type d'alliages, la variation de température peut être une élévation qui peut être comprise entre 50 et 70°C. C'est-à-dire que, pour un produit en béton se trouvant à 20°C, un traitement thermique à une température comprise entre 70 et 90°C peut permettre d'obtenir le retour à la forme initiale des fibres métalliques coulées dans le béton.

10 Le même résultat peut être obtenu également en procédant, non pas à un échauffement, mais à un refroidissement à une température comprise entre -10 et -30°C.

La durée de l'application du traitement thermique est fonction de la forme du produit fabriqué avec le béton. De manière générale, il faut que l'ensemble du produit, c'est-à-dire, même le coeur du produit, atteigne la température de transformation de phase.

15 Si le produit fabriqué est transportable, le traitement thermique peut être appliqué en étuve. Par contre, si le produit est moulé sur place, donc non transportable de par son poids et ses dimensions, le procédé d'application du traitement thermique peut se faire au moyen de hautes fréquences, de micro-ondes, en utilisant des manteaux et des gaines chauffantes.

20 Des essais en traction par flexion en trois points ont été effectués sur des éprouvettes 4 x 4 x 16 cm. Le béton utilisé avait la constitution suivante :

- ciment CLC 45 890 g
- sable de Bayeux 2 660 g
- eau 450 g
- fluidifiant 8 g

25 L'incorporation de fibres à mémoire de forme est effectuée après le mélange des quatre composants. Le traitement thermique a été effectué de la manière suivante :

- pendant 24 heures à 80 % dans un emballage étanche pour éviter la dessiccation ;
- puis 24 heures à température ambiante pour refroidissement avant essais mécaniques.

Les essais ont été réalisés au laboratoire béton de COGEMA la Hague dans un malaxeur de 1,5 litre.

30 Le tableau ci-dessous résume les valeurs obtenues :

AGE	14 jours			28 jours		
FIBRES (kg/m ³)	0	50	90	0	50	105
Sans traitement thermique	6,17	6,89	7,65	6,98	7,68	7,21
Avec traitement thermique	7,37	7,89	7,43	7,75	8,00	7,84

50 Pour les éprouvettes sans fibre, le traitement thermique améliore la résistance à la flexion du béton ou mortier de référence (amélioration du processus de "prise" du ciment) d'environ 1 MPa.

Pour les éprouvettes avec fibres, les essais réalisés avec le béton fibres au dosage de 50 kg et 100 kg de fibres par m³ de béton fini montre que les résultats sont plus concluants (hors erreurs expérimentales) avec des fibres que sans fibres et avec traitement thermique que sans traitement thermique.

55 Une deuxième catégorie de fibres utilisées est les fibres thermorétractables. Ce type de fibres subit, avec une légère élévation ou diminution de température, une réduction de ses dimensions. Si la forme n'est pas rectiligne, et de préférence bien recourbée, les fibres thermorétractables, en se rétractant, impriment une contrainte de compression au béton dans lequel elles ont été noyées.

La forme des fibres utilisées est de préférence celle de lamelles plates dont la longueur peut être comprise

de un à dix centimètres. L'épaisseur peut être inférieure à un dixième de millimètre.

N'importe quel produit peut être fabriqué à l'aide d'un tel béton. L'invention prévoit cependant une application spéciale pour la production de conteneur de stockage des déchets radioactifs. En effet, en référence à l'unique figure, le conteneur, objet de l'invention, comprend principalement un fût 10 dont l'ouverture supérieure est obturée par un couvercle 12. L'obturation est étanche pour pouvoir permettre de stocker des déchets radioactifs de faible ou moyenne activité, enrobés dans un matériau de remplissage. Dans l'exemple représenté sur cette figure, le conteneur est de forme parallélépipédique, de fond plat et de paroi latérale de section carrée. L'extrémité supérieure de cette dernière délimite l'ouverture permettant la fermeture à l'aide du couvercle 12.

Conformément à l'invention, l'ensemble du conteneur, c'est-à-dire le fût 10 et le couvercle 12, est réalisé en un béton renforcé par des fibres 20 soit à mémoire de forme, soit thermorétractables.

Le fût 10, comme le couvercle 12, sont fabriqués par moulage. En particulier, l'extrémité supérieure de la paroi latérale du fût 10 présente une forme en gradin définissant successivement, en allant de l'extérieur vers l'intérieur du fût 10, une face plane d'extrémité 13 et une face plane d'appui 7 parallèle à la première face plane 13, mais située en retrait par rapport à celle-ci. La surface d'appui 7 est reliée à la surface supérieure 13 par un bord périphérique intérieur incliné 6 formant un Z en section avec ses deux premières surfaces 7 et 13. Le diamètre du bord incliné 6 augmente en se rapprochant de la surface d'appui 7, de sorte que ce bord incliné 6 fait avec l'axe du fût 10 un angle d'au moins 10°.

Le couvercle 12 présente également une zone périphérique en gradin comportant, en partant de sa surface supérieure, un bord périphérique extérieur incliné 11 et un bord vertical 15 situé en retrait par rapport au bord incliné 11. Ces bords 11 et 15 sont reliés par une deuxième surface plane d'appui 5 parallèle aux faces supérieure et inférieure du couvercle 12. Le diamètre du bord incliné 11 augmente en se rapprochant de la deuxième surface d'appui 5, de sorte que ce bord incliné 11 fait avec l'axe du couvercle 12 un angle d'au moins 10°.

Lorsque le couvercle 12 est placé sur le fût 10, la partie inférieure du couvercle 12 délimitée par le bord 15 vient s'emboîter dans l'ouverture formée en haut du fût 10, jusqu'à ce que la surface horizontale d'appui 5 du couvercle 12 vienne en appui sur la surface horizontale d'appui 7 du fût 10. Comme on le voit sur cette figure, les bords inclinés 6 et 11, qui ont la même hauteur, sont alors vis-à-vis l'un de l'autre et délimitent entre eux un espace annulaire 14 de forme en queue d'aronde dont la largeur est sensiblement constante depuis la face supérieure 13 du conteneur 10 jusqu'à la surface d'appui 7. Cet espace annulaire 14 constitue une rainure de clavage.

Afin de fixer de façon étanche ce couvercle 12 sur le fût 10, on coule dans l'espace annulaire 14 précité un joint de clavage réalisé dans le même matériau que le reste du conteneur, c'est-à-dire en béton renforcé par des fibres 20 thermo-rétractables ou à mémoire de forme.

Cette réalisation du joint de clavage dans l'espace annulaire 14 ouvert vers le haut permet d'assurer la fermeture étanche du conteneur, sans qu'il soit nécessaire d'utiliser un coffrage. De plus, la forme du joint de clavage permet d'éviter tout risque d'envol du couvercle, lorsque ce joint est réalisé.

Avantageusement, le couvercle 12 présente en son centre une ouverture 8 de grande dimension dans laquelle est formée une rainure de clavage 9. De la sorte, le remplissage du conteneur 10 peut être effectué après scellement de son couvercle 12. Lorsque les déchets ont été introduits par l'ouverture 8, le matériau de remplissage est introduit à son tour jusqu'à ce que l'ouverture 8 soit totalement obturée. En utilisant comme matériau de remplissage le béton renforcé de fibres 20 à mémoire de forme ou thermo-rétractables identique à celui qui forme le conteneur proprement dit, on réalise ainsi un ensemble homogène dans lequel les risques de fissurations et de cassures sont supprimés.

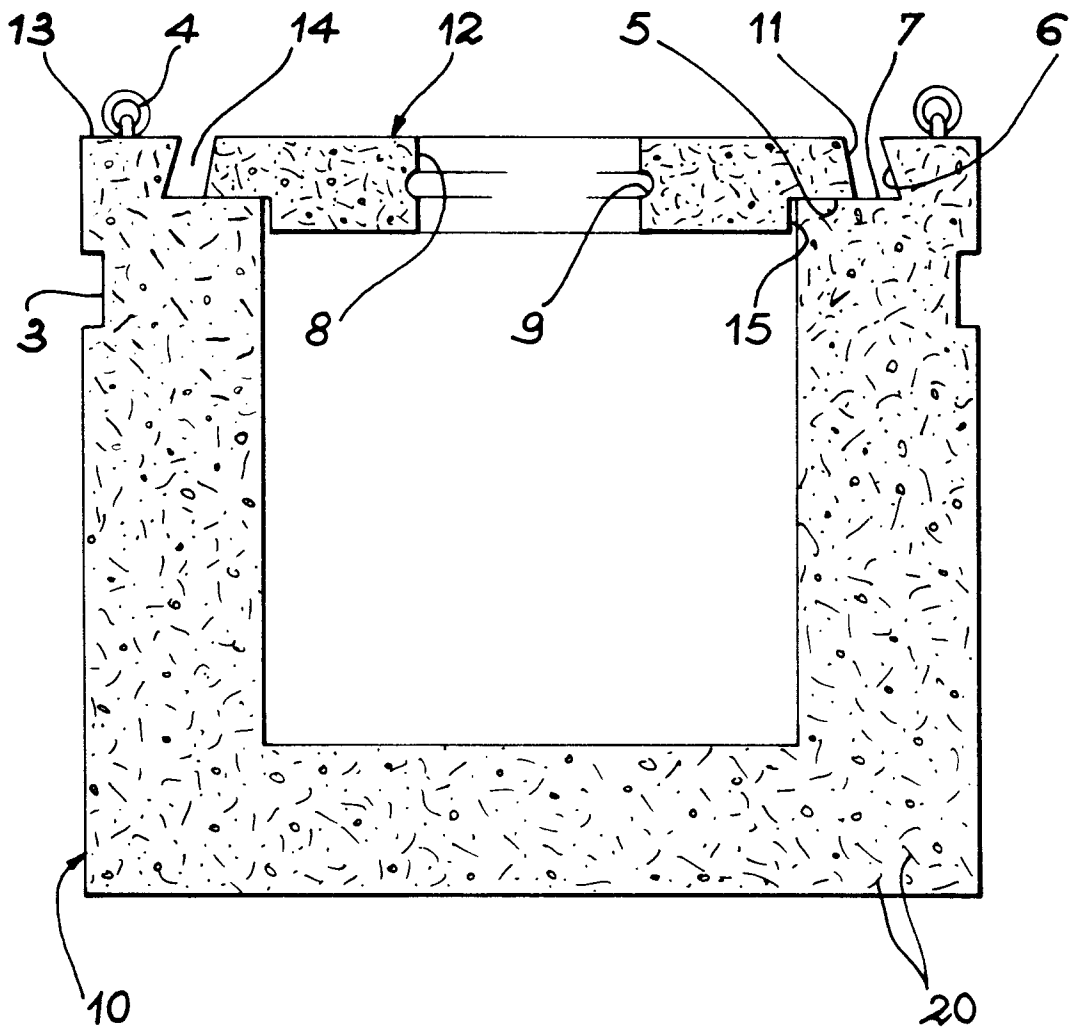
Enfin, pour permettre la manutention du conteneur, différents moyens peuvent être prévus. Parmi ces moyens, on peut citer à titre d'exemple des tiges ou des anneaux 4 scellés sur la face plane d'extrémité supérieure 13 du fût 10. Une gorge ou une rainure de manutention 3 peut être formée par moulage sur la surface périphérique extérieure du fût 10, à proximité de la face d'extrémité supérieure 13.

Cette description d'un conteneur n'est qu'un exemple de réalisation d'objets pouvant être fabriqués à l'aide du béton selon l'invention. On comprend qu'il est possible ainsi de précontraindre n'importe quel objet réalisé de manière générale avec un béton ordinaire en introduisant simplement ce type de fibres dans le mélange avant la réalisation du béton. Un traitement thermique appliqué ultérieurement après le séchage de l'objet, permet d'obtenir à l'intérieur du béton des contraintes de compression équivalentes aux précontraintes imposées par les méthodes traditionnelles utilisées pour le béton précontraint.

55 Revendications

1. Procédé de mise en précontrainte d'un béton fabriqué à partir d'un mélange déterminé, caractérisé en ce qu'il consiste à :

- introduire de façon aléatoire dans le mélange des fibres (20) du type dont les dimensions ou la forme peuvent évoluer dans le temps sous l'action d'un transfert d'énergie ;
 - couler le béton dans le coffrage ;
 - d'émouler le béton coulé ;
- 5
- durcir le béton pendant une période de cure ;
 - procéder à un traitement thermique pour que les dimensions ou la forme des fibres (20) évoluent de manière à imposer des contraintes mécaniques de compression dans le béton.
2. Béton à fibres, constitué :
- 10
- d'un agglomérat de sable, de gravier et de ciment réunis au moyen d'un liant hydraulique ;
 - des fibres (20) artificielles, noyées dans l'agglomérat dans des positions diverses et aléatoires, caractérisé en ce que les fibres (20) sont du type dont les dimensions ou la forme peuvent évoluer dans le temps sous l'action d'un transfert d'énergie, pour créer une contrainte en compression dans le béton.
- 15
3. Béton selon la revendication 2, caractérisé en ce que les fibres (20) sont en un alliage métallique à mémoire de forme.
4. Béton selon la revendication 3, caractérisé en ce que l'alliage métallique à mémoire de forme est un alliage de titane et de nickel.
- 20
5. Béton selon la revendication 3, caractérisé en ce que l'alliage à mémoire de forme est un alliage de laiton et d'aluminium.
6. Béton selon la revendication 2, caractérisé en ce que les fibres (20) sont thermorétractables.
- 25
7. Béton selon l'une quelconque des revendications 2 à 6, caractérisé en ce que les fibres (20) sont des lamelles très plates dont la longueur est comprise entre un et dix centimètres.
8. Conteneur de stockage pour déchets radioactifs, comprenant un fût (10) pourvu d'une ouverture d'introduction (8) des déchets, et un couvercle (12) d'obturation étanche de l'ouverture (8), caractérisé en ce
- 30
- qu'il est réalisé avec un béton selon l'une quelconque des revendications 2 à 7.
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55





Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande

EP 92 40 0491

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl.5)
X	DE-A-3 322 598 (BBC A.G. BROWN , BOVERI &CIE) * le document en entier * ---	1-6	E04G21/12 E04C5/01
A	FR-A-1 297 243 (KOGYOGIJUITSUIN-CHO) * le document en entier * ---	1,3,6	
A	FR-A-1 434 373 (COM. A L'ENERGIE ATOMIQUE) ---		
A	EP-A-0 146 844 (DINGLER) ---		
A	EP-A-0 032 421 (KOBAYASHI) -----		
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
			E04G E04C B28B B29C
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 26 MAI 1992	Examineur VIJVERMAN W.C.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

EPO FORM 1503 03.82 (P0402)