

12

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

21 Numéro de dépôt: 85100147.9

51 Int. Cl.⁴: **G 21 F 9/36**

22 Date de dépôt: 20.03.81

30 Priorité: 27.03.80 FR 8006883

43 Date de publication de la demande: 18.09.85
Bulletin 85/38

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

60 Numéro de publication de la demande initiale en application de l'article 76 CBE: 0037312

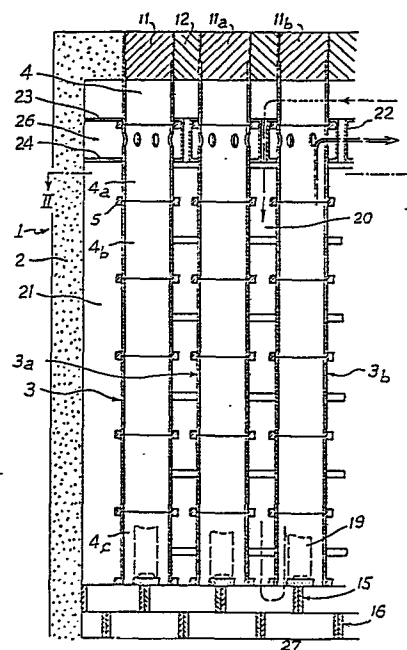
71 Demandeur: **SOCIETE GENERALE POUR LES TECHNIQUES NOUVELLES S.G.N. Société anonyme dite: 1, rue des Hérons Montigny-le-Bretonneux, F-78184 Saint-Quentin en Yvelines Cedex (FR)**
 Demandeur: **EVERITUBE Société anonyme dite: "Les Miroirs" 18 avenue d'Alsace, F-92400 Courbevoie (Hauts-de-Seine) (FR)**

72 Inventeur: **Mahut, Gérard, Usine Pilote Everitube BP 16, F-77190 Dammarie-les Lys (FR)**
 Inventeur: **Pierlas, René, 26 rue Voltaire, F-92160 Antony (FR)**

74 Mandataire: **Combe, André et al, CABINET BEAU DE LOMENIE 55 rue d'Amsterdam, F-75008 Paris (FR)**

54 **Structure de stockage de matériaux radioactifs de haute activité utilisant un amiante-ciment dense.**

57 La présente invention concerne de nouvelles structures pour le stockage de produits radioactifs de haute activité caractérisées en ce que l'on réalise à l'aide de tubes et de manchons en amiante-ciment de densité supérieure 1,75 g/cm³ des colonnes destinées à recevoir lesdits produits radioactifs convenablement conditionnés, lesdites colonnes étant extérieurement refroidies.



Structure de stockage de matériaux radioactifs de haute activité
utilisant un amiante-ciment dense.

La présente invention concerne une structure et un
procédé de stockage de matériaux radioactifs de haute activité par
5 utilisation d'un amiante-ciment dense.

Le développement de l'énergie nucléaire conduit à la
production de quantités toujours plus grandes d'effluents et de déchets
radioactifs de toutes sortes qu'il convient :

- d'une part, de séparer et de confiner sous un volume minimal,
- 10 - d'autre part, éventuellement après une certaine durée de décrois-
sance, ou d'évolution, de stocker dans des conditions de sécurité
particulièrement strictes.

Dans la première phase de ces opérations, on amènera,
s'ils ne le sont pas déjà, les effluents sous une forme solide et on
15 les enrobera dans une matrice solide convenable susceptible de
résister aux agressions mécaniques, physiques ou chimiques provenant
des matériaux radioactifs eux-mêmes ou du milieu extérieur.

Dans la deuxième phase, les effluents dispersés dans
ladite matrice solide seront "conditionnés" de façon à pouvoir être
20 conservés pendant des durées plus ou moins longues qui seront néces-
saires à l'évolution du matériau radioactif, puis au stockage pro-
prement dit dudit matériau.

La présente invention consiste tout d'abord dans le
choix d'un matériau convenable utilisable pour le stockage des
25 effluents radioactifs dispersés dans une matrice solide.

Il a été trouvé, et c'est là l'objet de la présente
invention, que l'amiante-ciment dense (c'est-à-dire par définition
dans la présente demande un amiante-ciment de densité supérieure
à $1,75 \text{ g/cm}^3$) constitue le matériau de choix pour la constitution
30 de tubes et manchons de raccordement utilisés pour le stockage de
produits radioactifs.

L'amiante-ciment choisi est un matériau comportant
un fort dosage en ciment (de l'ordre de 1 500 kg au mètre cube),
une fine granulométrie due au mélange d'environ 85 % de ciment
35 présentant environ $3\ 000$ à $4\ 000 \text{ cm}^2/\text{g}$ de surface spécifique BLAINE
et d'environ 15 % d'amiante à $20\ 000 \text{ cm}^2/\text{g}$ et une densité supérieure
à environ $1,75 \text{ g/cm}^3$ obtenue grâce à l'application en tête de machine
formatrice d'une forte compression favorisant la liaison et la den-
sification des couches successives de matériau. Les valeurs données
40 ci-dessus sont des valeurs moyennes. L'homme de l'art pourra adapter,

d'une part, les matériaux de départ et, d'autre part, les conditions de mise en oeuvre pour obtenir un matériau acceptable pour l'application visée.

Par ailleurs, les techniques de mise en oeuvre de ce matériau amiante-ciment, notamment pour la production de tubes ou tuyaux, sont connues et industrialisées et permettent l'obtention de tubes ou tuyaux présentant des diamètres, des épaisseurs et des propriétés adaptés aux problèmes de conditionnement mentionnés ci-dessus.

- Parmi les propriétés de cet amiante-ciment spécialement intéressantes pour ledit stockage, on peut mentionner :
- une densité suffisante pour que l'on puisse envisager la réalisation d'une protection biologique raisonnable par utilisation d'une épaisseur d'amiante-ciment comprise entre 30 et 100 mm (cas des déchets β de faible activité spécifique et des déchets émetteurs α) ;
 - des résistances mécaniques appréciables ; ces propriétés seront spécialement intéressantes lors du transport de produits dans des conteneurs en amiante-ciment, ainsi que pour l'empilement des colis et leur enfouissement sous terre, car ces conteneurs devront résister à des efforts ou à ces chocs potentiels ;
 - une stabilité dans le temps démontrée par des études portant sur près de 70 années ;
 - une résistance élevée aux corrosions diverses (eaux souterraines, courants vagabonds, bactéries, gaz carbonique, etc.) que l'on peut rencontrer lors des stockages souterrains ;
 - une étanchéité remarquable vis-à-vis des gaz et de l'eau due à une porosité extrêmement fine et au colmatage progressif de ces pores, au cours du temps, sous l'influence d'agents extérieurs (par exemple carbonatation) ;
 - une très grande résistance (et une bonne stabilité) lors des variations de température. Ainsi, l'amiante-ciment est considéré comme pouvant supporter, sans variation notable de ses propriétés, des températures comprises entre -50 et +300°C environ.

L'ensemble de ces propriétés fait ressortir que l'amiante-ciment dense constitue bien un matériau de choix pour diverses réalisations de stockage des déchets et/ou des effluents radioactifs dispersés dans une matrice solide et placés dans un conteneur.

On a déjà mentionné la possibilité d'utiliser des matériaux à base d'amiante et de ciment pour certaines réalisations

mettant en cause des éléments radioactifs. C'est le cas notamment dans le brevet allemand n° 1 136 261 et dans le brevet français n° 1 347 402. Le brevet allemand n° 1 136 261 décrit l'emploi d'un matériau liant réfractaire de composition complexe à base de sulfate
5 de calcium en mélange avec de l'amianté, mais ne décrit pas l'utilisation d'un amianté-ciment dense comme dans la présente demande. Le brevet français n° 1 347 402 décrit l'utilisation d'un matériau de remplissage qui est constitué de fibres imprégnées d'une colle puis comprimé dans l'espace situé entre deux conteneurs ; le matériau
10 employé dans le brevet français n° 1 347 402 n'est donc pas de l'amianté-ciment dense comme dans la présente demande et ne joue pas le même rôle vis-à-vis des radiations.

La structure de stockage selon la présente invention est caractérisée en ce qu'elle est constituée de canalisations de
15 longueur standard, de forte épaisseur, en amianté-ciment dense, lesdites canalisations étant disposées verticalement les unes à côté des autres, entre lesdites lignes de canalisation circule l'air de refroidissement, lesdites canalisations étant raccordées les unes aux autres à l'aide de manchons en amianté-ciment dense.

20 On donne ci-après un mode de réalisation de ces structures autoportantes de fractionnement pour le stockage de matières radioactives.

On sait que les effluents (déchets) de haute activité doivent, après avoir été dispersés dans une matrice solide convenable
25 (verre par exemple), être conservés dans des stockages intermédiaires où ils perdent la plus grande partie de leur radioactivité, jusqu'à ce que le dégagement thermique résiduel soit compatible avec un stockage final dans des formations géologiques. Ces effluents seront ensuite stockés de la même manière que les effluents d'activité ou
30 de charge thermique moindre.

Pour le cas de structures de fractionnement évoquées ci-avant, on a pris pour exemple le cas du stockage intermédiaire des conteneurs de déchets vitrifiés de haute activité. Ces déchets vitrifiés sont constitués par des blocs de verre cylindriques, de 400 à 500 mm
35 de diamètre extérieur et de 1 500 à 2 000 mm de hauteur totale. Leur dégagement thermique unitaire peut atteindre quelques kilowatts au début de leur période de stockage.

Si l'on désire attendre que leur dégagement thermique ne soit plus gênant pour leur entreposage définitif dans une structure géologique, comportant d'autres déchets radioactifs α , mais sans charge thermique, il faudra envisager un temps de refroidissement de l'ordre de 1 à 2 siècles. L'utilisation de structures métalliques en acier ordinaire n'offrira pas toutes les garanties de durabilité. L'utilisation d'alliages nobles conduit à des investissements trop importants et le béton ne présente pas une résistance suffisante à la température pour être utilisé comme structure de fractionnement dans le cas d'un stockage compact.

L'utilisation d'éléments de canalisation et de manchons en amiante-ciment dense permet, selon l'invention, de réaliser des structures de stockage de verre qui permettent :

- de stocker un nombre important de conteneurs par m^2 de bâtiment ;
- d'effectuer un refroidissement par air et tirage naturel ou forcé, avec des températures de sortie de l'air de l'ordre de $200^{\circ}C$;
- d'obtenir des structures résistantes mécaniquement, insensibles à la corrosion et résistantes à des températures d'air élevées ;
- de limiter la température à coeur des verres en absorbant dans la masse des conduits une partie notable des rayonnements gamma émis.

Les tubes en amiante-ciment dense selon l'invention sont donc utilisés pour la réalisation de stockages intermédiaires d'effluents à haute activité, lesdits tubes servant à fractionner la masse des produits à stocker et à guider l'air de refroidissement autour desdits produits.

L'ensemble du stockage se présentera sous la forme d'un bâtiment enterré, de préférence de forme cylindrique verticale, comportant un faisceau de tubes amiante-ciment dense, de maille triangulaire ou carrée.

La conception repose sur l'utilisation de canalisations de longueur standard en classe pression, de forte épaisseur, les tuyauteries étant raccordées les unes aux autres à l'aide de manchons en amiante-ciment dense. Ces manchons serviront également d'entretoises, à différents niveaux, avec un décalage d'un tube à l'autre, de manière à constituer une structure rigide et compacte, résistante aux efforts et sollicitations résultant tant de la charge, de la température que des contraintes sismiques.

Pour l'exemple considéré, on choisira des canalisations de 600 mm de diamètre intérieur.

En superposant quatre ou cinq éléments de canalisations de 5 m de longueur chacun, on pourra stocker une douzaine de conteneurs de verre dans chaque canal vertical ainsi constitué.

Dans le cas de la structure à maille triangulaire (ou hexagonale), on décalera d'un tiers de la longueur les manchons de deux tubes voisins, de manière à réaliser un entretoisement convenable. Dans le cas d'une structure à maille carrée, on décalera d'une demi-longueur de tube les manchons de deux tubes adjacents.

L'espace entre les tubes servira, pour une part au moins, à la descente de l'air frais le long des puits, ce même air de refroidissement remontant ensuite à l'intérieur des tubes, dans l'espace annulaire laissé libre entre les conteneurs de verre et la paroi intérieure des tubes en amiante-ciment dense. L'échauffement de l'air au cours de la descente est suffisant pour permettre de dépasser la température du point de rosée au début du léchage des conteneurs par l'air, évitant ainsi tout risque de corrosion des conteneurs de verre en acier inoxydable. La vitesse d'ascension de l'air, de l'ordre de 2 m/s, est sensiblement la même que celle choisie pour la descente entre les tubes. L'air chaud sortira à une température de l'ordre de 200°C, à la partie supérieure du stockage. Un matelas d'air constitué par l'air frais entrant assure la protection des parties en béton sur la surface supérieure du stockage et sur la virole extérieure. Avec une maille triangulaire, le nombre de puits que l'on peut ainsi installer est d'environ 2 par m² de surface de stockage, chiffre sensiblement double de celui correspondant aux installations actuellement réalisées. Un stockage à maille carrée permet également d'obtenir de très bons résultats du point de vue de la compacité du stockage.

Les températures de verre à coeur restent en dessous de 400°C donc nettement en deçà de la température critique de recristallisation. Quant aux canalisations en amiante-ciment dense, leur température de paroi la plus élevée reste inférieure à 200°C, ce qui est nettement inférieur aux limites admissibles.

Le guidage des conteneurs à l'intérieur des tubes amiante-ciment peut aussi être réalisé avec des éléments en amiante-ciment dense (éléments de plaque fixés à l'intérieur des tubes par exemple), sans que ceci soit une solution obligatoire. D'autres variantes sont possibles comme, par exemple, des conteneurs munis d'ailettes métalliques de guidage, ou encore par fixation de pièces

métalliques, en métal noble, adaptées et fixées sur les canalisations ou sur les conteneurs de verre.

Enfin, des échancrures et perçages adaptés, munis le cas échéant de clapets réglables, permettent d'adapter le débit
5 d'air de circulation à la puissance thermique à évacuer dans chacun des canaux, selon des dispositions classiques pour de tels types de stockage.

La forme cylindrique préférée pour le stockage permet, si nécessaire, de le cloisonner en secteurs, et d'effectuer
10 une circulation de l'arrivée d'air froid de la périphérie vers le centre.

Un tel type de stockage peut être aussi bien adapté au refroidissement transitoire des verres, pendant quelques années après leur production, qu'au refroidissement de plus longue
15 durée, en attendant leur stockage définitif dans une structure géologique.

Une telle structure de fractionnement peut aussi être adaptée au stockage des coques ou fines de dissolution après solidification et mise en conteneur.

20 Un exemple non limitatif mais préféré de ce mode de mise en oeuvre de l'invention est illustré schématiquement sur les figures 1 à 5.:

- la figure 1 est une coupe partielle transversale d'un silo de stockage ;

25 - la figure 2 est une section selon II-II de la figure 1 ;

- la figure 3 est une vue partielle en perspective, en partie éclatée, du socle du silo de stockage ;

- la figure 4 est une vue partielle en perspective,
30 en partie éclatée, de la partie du silo où se réalise l'évacuation de l'air chaud et une traversée d'air froid ; et

- la figure 5 est une vue en coupe longitudinale d'un raccordement entre deux tubes, en amiante-ciment dense, superposés.

Sur ces figures, on voit que le silo 1 de stockage
35 selon l'invention est constitué d'une enceinte fermée en béton 2 dans laquelle sont disposées une série de colonnes 3, 3a, 3b en amiante-ciment dense.

Chacune de ces colonnes est constituée par un empilement de tubes unitaires 4, 4a, 4b, 4c superposés.

La jonction 5 entre deux tubes est représentée en détail sur la figure 5. Le tube 4a repose bout à bout sur le tube inférieur 4b par l'intermédiaire d'un joint 6 maintenu dans la rainure circulaire 7 du manchon 8 de raccordement.

Sur la figure 5, on voit que les extrémités 9 et 10 des tubes reposent sur le joint torique 6 en fibre d'amiante et de verre.

Comme on le voit plus particulièrement sur les figures 1 et 2, les manchons de raccordement sont décalés d'une hauteur correspondant à une demi-hauteur de tubes unitaires sur deux colonnes adjacentes. En utilisant cette disposition, un manchon n'est en contact qu'avec les quatre colonnes adjacentes et jamais avec un autre manchon. Par conséquent, les manchons jouent également le rôle d'entretoise entre colonnes adjacentes.

L'extrémité supérieure de chaque colonne est obturée par un bouchon 11, 11a, 11b logé dans les ouvertures correspondantes de la dalle 12 en béton armé. L'ensemble bouchon plus dalle assure la protection entre la zone d'intervention 13 située au-dessus du silo et l'intérieur de l'enceinte 2.

L'extrémité inférieure de chaque colonne, comme on le voit plus particulièrement sur la figure 3, repose sur un socle 14 constitué par une double rangée 15 et 16 de manchons supports adjacents 15a, 15b et 16a, 16b dont le diamètre moyen est égal à $\sqrt{2}$ fois la maille carrée du réseau constitué par l'ensemble des colonnes.

Le fond 17 des colonnes comporte un tabouret 18 constitué par un flan en amiante-ciment dense. Ce fond peut être équipé d'un dispositif amortisseur de chute de conteneur tel que, par exemple, celui décrit dans la demande de brevet français n° 81 02 882 déposée le 13 février 1981.

Les conteneurs de stockage 19 sont empilés les uns sur les autres à l'intérieur des colonnes, leur centrage pouvant être réalisé par des ailettes de guidage non représentées sur les figures et disposées radialement à l'intérieur des colonnes.

Comme on le voit plus particulièrement sur les figures 1 et 4, l'air frais se répartit à la partie supérieure de

l'enceinte protégeant ainsi la dalle supérieure en béton et pénétre dans les isthmes 20, 21 ménagés entre colonnes adjacentes ou entre les colonnes et les parois latérales de l'enceinte par l'intermédiaire de tubes d'admission 22 en amiante-ciment. Ces tubes 22
5 sont maintenus par deux plaques 23 et 24 en amiante-ciment, ces plaques reposant sur les manchons correspondants 25, 25a, 25b des colonnes voisines et délimitant une enceinte 26.

Cet air frais au cours de sa descente se réchauffe au contact des colonnes, arrive à une température supérieure à la
10 température du point de rosée au niveau du socle et remonte dans l'espace annulaire libre ménagé entre les colonnes et la pile de conteneurs. La double rangée 15 et 16 de manchons supports du socle assure une meilleure protection du radier 27 en béton et une meilleure répartition de l'air à la partie basse du silo.

15 L'air chaud débouche dans l'enceinte 26 par les lumières 28, 28a ménagées dans la partie des colonnes traversant l'enceinte 26. Ces lumières peuvent être plus ou moins occultées par un dispositif de réglage approprié non représenté, par exemple par un opercule horizontal coulissant dans la partie percée de
20 la colonne et actionné dans la zone d'intervention 13 au moyen d'une tige traversant de façon étanche le bouchon.

Comme on le voit plus particulièrement sur la figure 2, les colonnes sont disposées suivant un réseau à maille carrée, dont les deux diagonales D_1 et D_2 sont respectivement parallèles aux
25 parois P_1 P'_1 et P_2 P'_2 de l'enceinte. Le réseau est composé de deux ensembles de colonnes. Un premier ensemble 29 est constitué par la rangée de colonnes 30, 30a et 30b en contact avec les parois P_1 et P'_1 , P_2 et P'_2 . Ces colonnes ne comportent pas de conteneur, sont balayées par un flux descendant d'air frais et jouent le rôle d'entretoise
30 entre les parois de l'enceinte et les colonnes du deuxième ensemble 31 de colonnes qui contiennent les conteneurs. On remarque que, dans le cas de figure représenté, les quatre coins de l'enceinte sont coupés pour maintenir la rigidité de l'ensemble. On obtient ainsi une excellente cohésion et, par conséquent, une bonne tenue au
35 séisme.

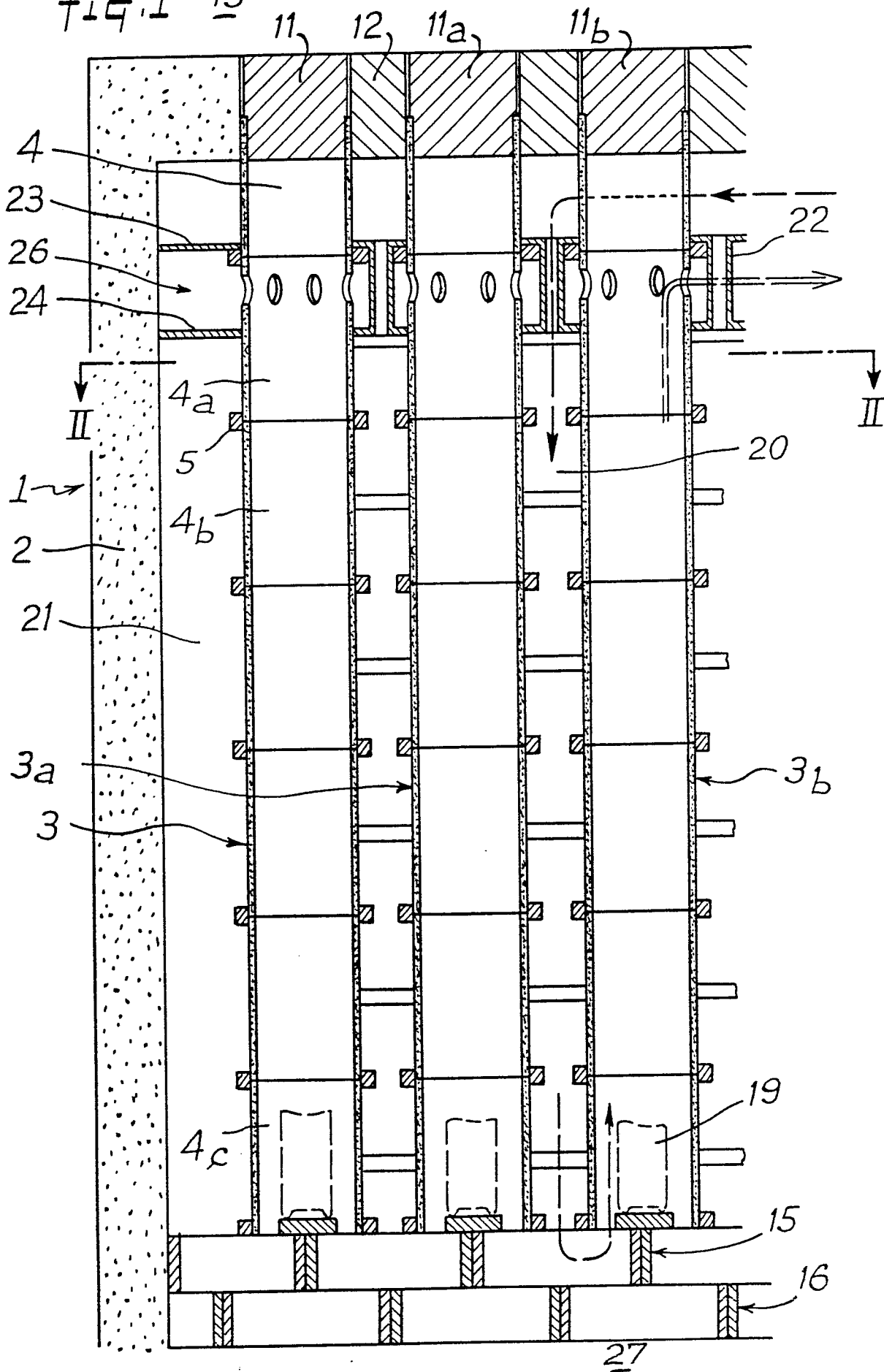
REVENDEICATIONS

1. Structures pour le stockage de produits radio-actifs de haute activité caractérisées en ce que l'on réalise à l'aide de tubes et de manchons en amiante-ciment de densité supérieure 1,75 g/cm³ des colonnes destinées à recevoir lesdits produits radioactifs convenablement conditionnés, lesdites colonnes étant extérieurement refroidies.

2. Structures selon la revendication 1, caractérisées en ce que les colonnes reposent sur une base constituée par deux couches superposées de manchons de raccordement rangés en contact suivant une maille carrée ou hexagonale et que l'axe des colonnes, l'axe des manchons de la couche supérieure et l'axe des manchons de la couche inférieure sont décalés pour ménager des intervalles permettant la circulation de l'air de refroidissement.

3. Structures selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisées en ce que le produit stocké est un verre renfermant les produits de fission issus du retraitement des combustibles nucléaires usés.

Fig. 1 13



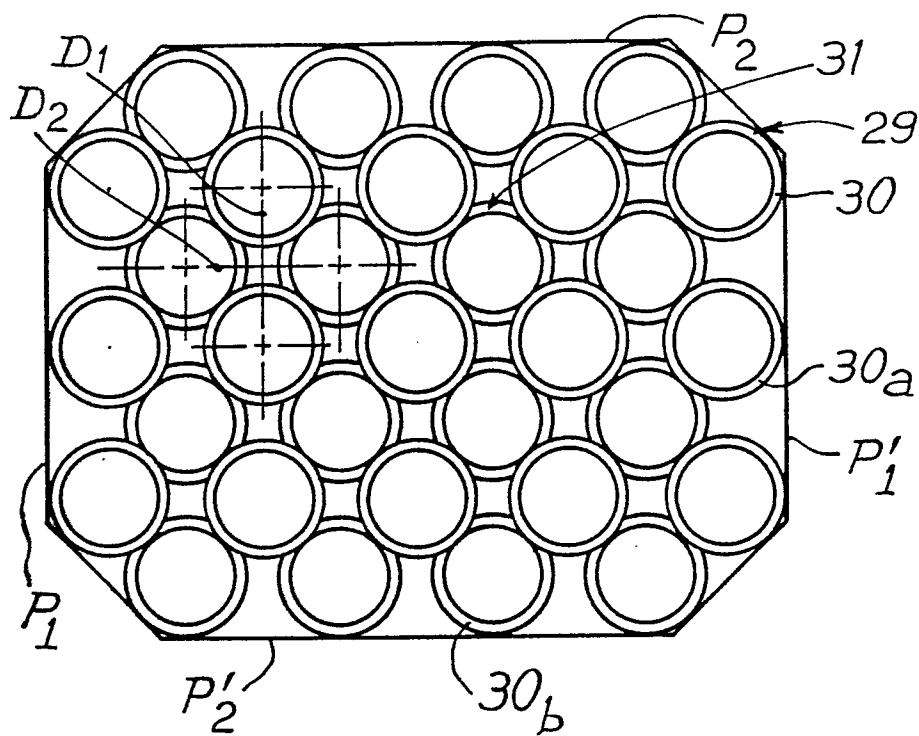


Fig. 2

Fig. 3

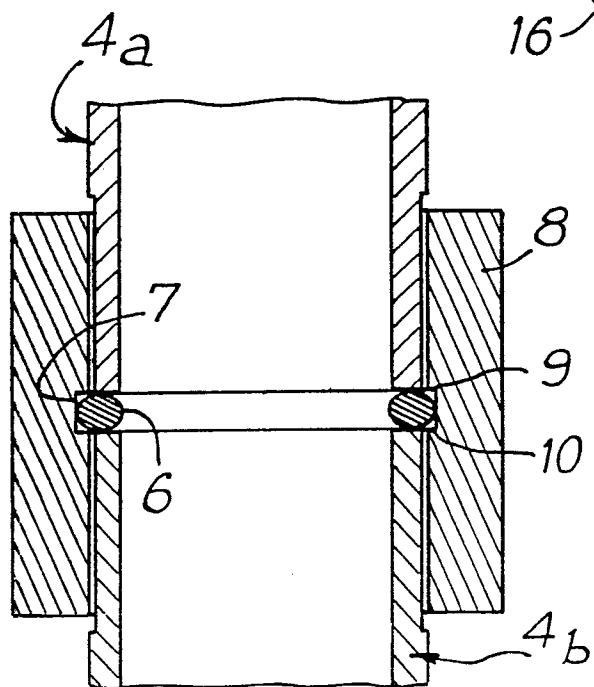
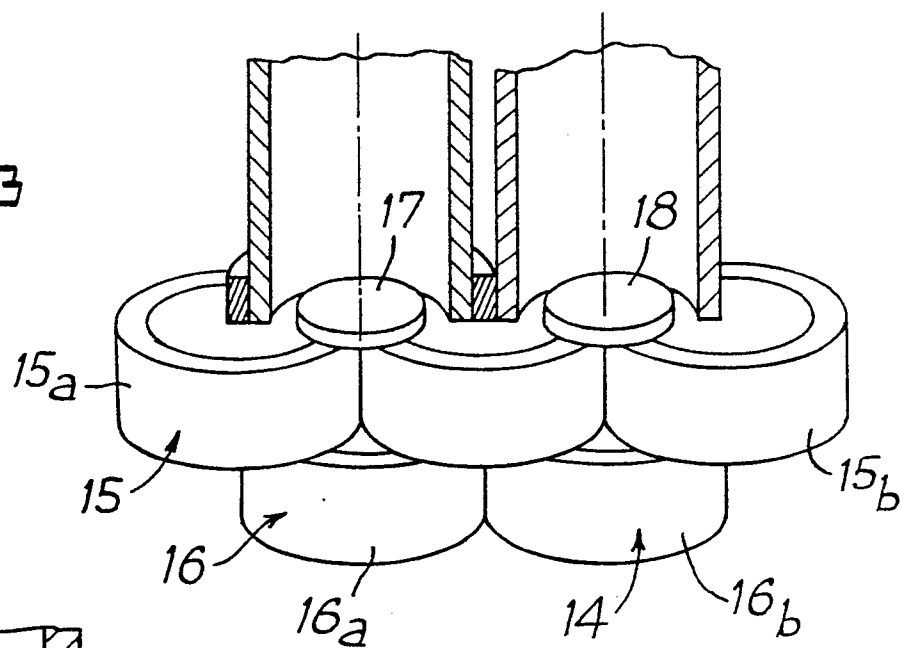


Fig. 5

Fig. 4

