



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
30.03.2011 Bulletin 2011/13

(51) Int Cl.:
G21F 9/28 (2006.01) G21F 9/30 (2006.01)
G21F 9/34 (2006.01) G21D 1/00 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **10178759.6**

(22) Date de dépôt: **23.09.2010**

(84) Etats contractants désignés:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO SE SI SK SM TR**
Etats d'extension désignés:
BA ME RS

(30) Priorité: **23.09.2009 FR 0956546**

(71) Demandeur: **Baltymore
26200 Montelimar (FR)**

(72) Inventeur: **Berthouly, Serge
26740, SAVASSE (FR)**

(74) Mandataire: **Chevalier, Renaud Philippe et al
Cabinet Germain & Maureau
BP 6153
69466 Lyon Cedex 06 (FR)**

(54) **Procédé de traitement de matériaux solides radioactifs**

(57) L'invention porte sur un procédé de traitement de matériaux solides radioactifs comprenant les étapes suivantes :

T1) concassage des matériaux solides dans une gamme de granulométrie prédéterminée ;
T2) mélange des matériaux solides concassés avec une composition cimentaire de béton autonivelant afin de réaliser une chape fluide de béton autonivelant (5) ;
T3) injection de la chape fluide de béton autonivelant (5) dans une cavité souterraine (C) située dans un site d'enfouissement, directement au contact des parois délimitant ladite cavité (C)

La présente invention trouve une application dans le domaine du traitement des blocs et/ou gravats de béton provenant du démantèlement de bâtiments exposés à la radioactivité et présentant une radioactivité massive inférieure à 100 Becquerels par gramme (Bq/g).

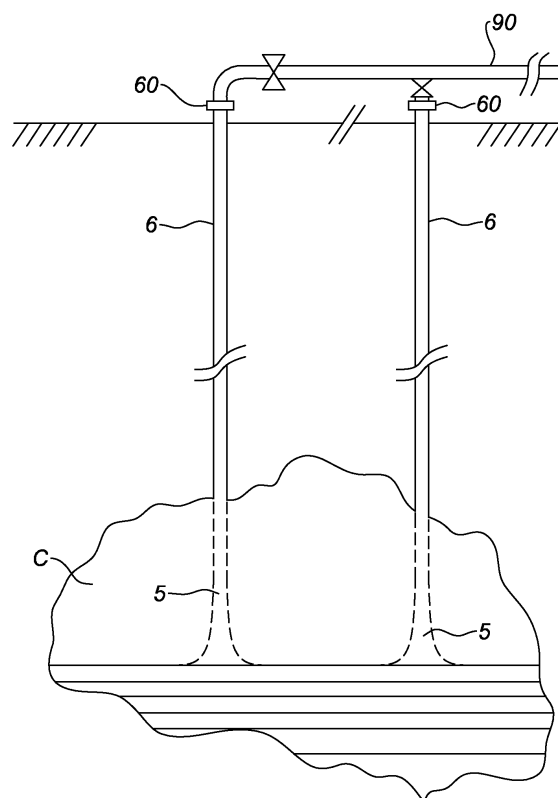


Fig. 6

Description

[0001] La présente invention se rapporte à un procédé de traitement de matériaux solides radioactifs.

[0002] Elle se rapporte plus particulièrement à un procédé de traitement de blocs et/ou gravats de béton provenant du démantèlement de bâtiments exposés à la radioactivité et présentant une radioactivité massique inférieure à 100 Becquerels par gramme (Bq/g).

[0003] Les matériaux radioactifs présentant une radioactivité massique inférieure à 100 Bq/g constituent des matériaux ou déchets dits de très faible activité, c'est-à-dire dont le niveau d'activité est très proche de la radioactivité naturelle, avec une radioactivité massique généralement comprise entre 1 et 100 Bq/g parfois plus pour de très faibles volumes. Quelques dizaines d'années suffisent pour que leur niveau d'activité atteigne un niveau moyen de quelques Bq/g, la radioactivité résiduelle étant principalement due à des éléments à vie longue.

[0004] Les déchets de très faible activité proviennent usuellement des sources suivantes :

- le démantèlement des installations nucléaires arrêtées, telles que les centrales nucléaires, laboratoires d'études, centres de recherches et sites de production de matières radioactives ;
- le démantèlement d'industries classiques (chimie, métallurgie, production d'énergie) dont les procédés de fabrication concentrent la radioactivité naturelle de certains minerais ou emploient des matériaux naturellement radioactifs ; et
- l'assainissement et la réhabilitation de sites anciennement pollués comme certains laboratoires ou installations industrielles.

[0005] Les déchets de très faible activité sont ainsi constitués de matériaux ayant été en contact avec des produits radioactifs ou ayant été faiblement activés à la suite d'une irradiation par des neutrons, et ils sont classés en trois grandes catégories :

- les déchets minéraux inertes : bétons, gravats, plâtres, terres etc. ;
- les déchets assimilables aux déchets industriels banals, produits par des installations nucléaires, qui sont généralement des plastiques et ferrailles principalement issus des opérations de démolition (charpentes métalliques, structure en acier pour béton armé, gaines, tuyauteries, etc.) ; et
- les déchets assimilables aux déchets dangereux qui sont classiquement gérés en centre de stockage de déchets ultimes.

[0006] Bien que la radioactivité des déchets de très faible activité soit proche de la radioactivité naturelle, il n'en demeure pas moins nécessaire pour des raisons de santé publique et de protection environnementale de traiter ces déchets, et plus particulièrement de les stocker

tout en prenant des précautions et des mesures de surveillance de l'évolution des sites de stockage.

[0007] Pour traiter les matériaux radioactifs, il est connu notamment du document FR 2 624 410 A1 un procédé de confinement souterrain de déchets industriels toxiques dans une cavité souterraine creusée par lessivage dans le sel, consistant à injecter au fond de la cavité un liquide tampon, mélanger les déchets sous forme de granulés avec un liant hydraulique, et injecter le mélange dans la cavité sous le niveau du liquide tampon. Cependant, ce procédé se révèle complexe et long pour traiter des matériaux solides radioactifs de très faible activité, notamment à cause des différents produits nécessaires aux différentes étapes tels que le liquide tampon nécessitant l'emploi de solvant halogéné, ou le liant réalisé à partir de cendres mélangées à de la chaux.

[0008] Il est également connu du document FR 2 516 292 de mettre en oeuvre un procédé de stockage de déchets radioactifs consistant à incorporer les déchets dans un matériau d'enrobage, incorporer ces déchets enrobés dans des récipients étanches, puis disposer ces récipients dans des cavités souterraines. Un tel procédé présente l'inconvénient d'être bien trop long, coûteux et complexe pour traiter des matériaux solides radioactifs de très faible activité.

[0009] Il est encore connu par les documents DE-A-4 023 118 et DE-A-4 023 117 un procédé de traitement de déchets de construction faiblement contaminé par radioactivité qui consiste d'abord à broyer les déchets susceptibles de l'être en de fines particules, puis à disposer dans un container formant barrière aux émissions radioactives les déchets de tailles plus importantes qui ne peuvent être broyés. Après cela, le procédé consiste à préparer du matériau de remplissage constitué à base de ciment, d'eau et de liant, auquel sont par ailleurs additionnées les particules préalablement finement broyées de matériau contaminé. Enfin, ce matériau de remplissage est introduit dans des containers qui seront disposés dans des cavités souterraines.

[0010] Les procédés décrits dans les documents FR 2 516 292 et DE-A-4 023 118 présentent l'inconvénient de ne pas profiter de façon optimale du volume disponible dans les cavités souterraines en stockant des containers de formes données dans ces cavités, conduisant ainsi à des volumes inexploités dans les cavités en question.

[0011] L'état de la technique peut être également illustré par l'enseignement du brevet EP 0 724 271 B1 relatif à un procédé de traitement de résidus radioactifs sous forme de boues consistant à les immobiliser au moyen d'un liant hydraulique en vue d'obtenir un bloc solide qui sera ensuite stocké. Ce procédé consiste donc à transformer les boues radioactives en un bloc compact immobilisé qui peuvent être enterrés après les avoir disposés dans une enveloppe de confinement, avec le même inconvénient mentionné ci-dessus concernant le manque d'optimisation des volumes de stockage disponibles.

[0012] L'état de la technique peut être également illustré par l'enseignement du brevet US 4 432 666 qui divul-

gue un procédé de dépôt et d'évacuation de déchets comprenant des parties pouvant faire l'objet de phénomènes d'émission ou d'élution du fait des conditions de l'environnement, et plus particulièrement de déchets dits spéciaux qui peuvent un danger pour la santé, l'air ou l'eau, ou être explosifs ou susceptibles de brûler, ou bien encore contenir ou susciter des substances susceptibles de provoquer des maladies transmissibles, tels que des déchets de nature toxique, des déchets spéciaux qui réagissent à l'eau, comme par exemple des crasses de magnésium et des chlorures d'acides, des déchets acides et alcalins, des métaux lourds etc. L'un des procédés divulgués dans ce document consiste à mélanger les déchets spéciaux en présence d'un durcissant avec un agglomérant se durcissant par réaction chimique et qui devient hydrofuge après la réaction, le mélange obtenu étant amené à l'état fondu ou fluide immédiatement dans une décharge où il est amené à se solidifier ou à se durcir. De façon précise, ce procédé vise à empiler les produits du procédé au-dessus du niveau du sol, et notamment à remplir, avec le mélange réalisé, les espaces creux d'une décharge déjà remplie d'autres déchets spéciaux, à savoir les espaces séparant les fûts métalliques ou en matière plastique disposés dans la décharge et contenant des déchets spéciaux. Ce procédé vise donc à emprisonner des déchets spéciaux dans des couches solides, directement à l'air dans une décharge, en comblant éventuellement les espaces interstitiels entre les fûts de stockage déjà présents dans la décharge, ce qui est complètement inadapté pour le traitement des matériaux solides radioactifs.

[0013] L'état de la technique peut être également illustré par l'enseignement des documents DE 20 39 130 ou US 3 513 100, qui décrivent un procédé pour éliminer des déchets solides fortement radioactifs (avec un niveau de radioactivité compris entre 500 et 100 000 curies par gallon) en réalisant les étapes suivantes :

- on mélange une composition cimentaire sèche avec un fluide de déchets radioactifs contenant de l'eau, et on agite le mélange ;
- on introduit des particules de déchets solides fortement radioactifs dans le mélange afin de disperser uniformément ces particules ;
- on injecte le béton fluide avec la pompe d'injection dans un puit de forage, afin de remplir avec ce mélange des fissures présentes dans le puit, le béton se solidifiant ensuite à l'intérieur de ces fissures.

[0014] Ainsi, le procédé divulgué dans ces documents DE 20 39 130 ou US 3 513 100 vise à injecter un béton fluide contenant des déchets solides fortement radioactifs dans des fissures de puits de forage. Le béton fluide employé dans ce procédé est non poreux, pour éviter la dispersion des particules radioactives dans la phase aqueuse, et ne contient pas d'émulsifiant et contient seulement une faible quantité d'huile ou autres additifs qui risqueraient de rendre poreux le béton fluide. Pour le

remplissage de fissures qui présentent de faibles dimensions, ce béton fluide est probablement adapté pour remplir au moins partiellement des fissures, à la condition d'appliquer une pression d'injection suffisamment élevée. Cependant, ce béton sans émulsifiant et contenant peu d'additifs serait inadapté pour remplir complètement une cavité de grandes dimensions, comme par exemple une cavité karstique, du fait de sa composition qui ne permet pas d'obtenir une fluidité suffisamment élevée.

[0015] La présente invention a notamment pour but de résoudre en tout ou partie les inconvénients mentionnés ci-dessus, en proposant un procédé de traitement de matériaux solides radioactifs qui soit rapide, économique, aisée, apte à optimiser le volume disponible de stockage dans les cavités souterraines, permettant de traiter de façon industrielle et/ou en vrac les matériaux solides radioactifs.

[0016] A cet effet, elle propose un procédé de traitement de matériaux solides radioactifs comprenant les étapes suivantes :

- T1) concassage des matériaux solides dans une gamme de granulométrie prédéterminée ;
- T2) mélange des matériaux solides concassés avec une composition cimentaire de béton autonivelant afin de réaliser une chape fluide de béton autonivelant ;
- T3) injection de la chape fluide de béton autonivelant dans une cavité souterraine située dans un site d'enfouissement, directement au contact des parois délimitant ladite cavité.

[0017] Dans la fabrication de béton, on connaît une vaste variété de compositions cimentaire de béton autonivelant parmi lesquelles l'homme du métier sait choisir la composition qui convient pour l'application et le but recherché. Par exemple, l'homme du métier peut choisir, de façon non limitative, parmi les compositions cimentaire de béton autonivelant décrits dans les documents suivants: FR 2 704 853 A1, WO 00/66512, WO 99/25664, EP 0 934 915 A1, WO 96/20901, EP 1 683 768 A1, WO 98/51637, FR 2 919 602 A1, FR 2 815 342 A1 et FR 2 751 956A1.

[0018] Les compositions cimentaires de béton autonivelant sont généralement employées pour couler et réaliser des chapes de surface lisse car elles présentent l'avantage que la surface du produit coulé développe un aspect lisse et un bon nivellement par ses propres propriétés, telles que ses propriétés de faible colloïdité et de grande fluidité. Les chapes fluides de béton autonivelant formées à partir de telles compositions présentent ainsi un caractère autonivelant et autolissant particulièrement remarquable, avec notamment une aptitude à rattraper des niveaux inégaux sans application de vibrations externes et une facilité de mise en oeuvre découlant de la possibilité de pomper facilement et efficacement le béton frais sur de grandes hauteurs.

[0019] L'emploi d'une composition cimentaire de bé-

ton autonivelant dans le procédé conforme à l'invention permet de réaliser une chape fluide de béton autonivelant qui sera facilement injectable dans la cavité souterraine, directement au contact des parois délimitant cette cavité, qui permettra de remplir rapidement et de façon optimale la cavité, c'est-à-dire sans volume inexploité ou non rempli par le béton. En effet, de par ses qualités autonivelantes, la chape fluide s'étalera en couches sensiblement horizontales rattrapant les différences de niveaux inhérentes à une cavité souterraine naturelle, sachant qu'une telle cavité souterraine du type karstique peut présenter des dimensions (hauteur, largeur) de l'ordre de quelques dizaines de mètres à quelques centaines de mètres.

[0020] Ce procédé permet ainsi de traiter de grandes quantités de matériaux radioactifs, de façon industrielle ou en vrac, tout en garantissant un stockage efficace dans la cavité souterraine.

[0021] Avec ce procédé de traitement conforme à l'invention, la matière minérale empruntée par l'homme en début de cycle pour exercer ses activités industrielles retourne à sa condition minérale et définitive ; les granulats transformés en béton étant alors recyclés d'une manière pérenne. Le principe de recyclage qui gouverne ce procédé fait en sorte que les agrégats qui, à l'origine ont permis la fabrication des bétons, reviennent à leur forme primitive en rejoignant le sous-sol. Au final, la matière rentrera dans un cycle lent de réduction naturelle de son activité rayonnante sans inquiétude, ni risque pour l'activité humaine.

[0022] Selon une possibilité de l'invention, les matériaux solides radioactifs sont constitués de blocs et/ou gravats de béton provenant du démantèlement de bâtiments exposés à la radioactivité.

[0023] Dans une réalisation particulière, les blocs et/ou gravats de béton sont armés avec une structure en acier, ledit procédé comprenant une étape préalable de déconstruction consistant à démolir des bâtiments pour former des blocs ou gravats de béton puis à séparer les blocs et/ou gravats de béton de la structure en acier.

[0024] Selon une possibilité de l'invention, les matériaux solides constituent des matériaux dont la radioactivité massique est inférieure à 100 Becquerels par gramme. De tels matériaux, dont le niveau d'activité est très proche de la radioactivité naturelle, sont particulièrement adaptés au procédé conforme à l'invention car l'injection de la chape fluide se fait directement au contact des parois d'une cavité souterraine, sans enrobage ou contenir supplémentaire.

[0025] Dans un mode de réalisation particulier, le procédé comprend, après l'étape T1) de concassage, une étape de transport des matériaux solides concassés sur le site d'enfouissement, au moyen de conteneurs pourvus de moyens d'isolation aux radiations.

[0026] De façon avantageuse, l'étape T3) d'injection consiste à injecter la chape fluide de béton autonivelant dans une cavité souterraine via plusieurs puits d'injection espacés les uns des autres.

[0027] En injectant la chape fluide en plusieurs points

d'injection de la cavité souterraine, on améliore encore plus l'optimisation du volume disponible à l'intérieur de la cavité souterraine.

[0028] Selon une caractéristique, le procédé comprend une étape préalable de forage consistant à forer un ou plusieurs puits d'injection sur le site d'enfouissement répartis selon un plan de forage prédéterminé.

[0029] Selon une autre caractéristique, le procédé comprend une étape finale de fermeture du ou des puits d'injection par remplissage sur une hauteur prédéterminée avec un matériau de bouchage, notamment du sable.

[0030] Avantageusement, l'étape T3) consiste à injecter la chape fluide de béton autonivelant de façon discontinue, par couches successives jusqu'au remplissage au moins partiel de la cavité souterraine.

[0031] Ainsi, il est possible de remplir la cavité en plusieurs fois avec une injection d'une couche qui commencera à se solidifier voire sera complètement solide, avant l'injection d'une nouvelle couche fluide.

[0032] Dans une réalisation particulière, le procédé comprend, après l'étape T1) de concassage, une étape de criblage des matériaux solides concassés en plusieurs coupures granulométriques, notamment des coupures de granulométrie comprise entre 0 et 4 mm et/ou entre 4 et 10 mm et/ou entre 10 et 20 mm.

[0033] Ce procédé est particulièrement adapté pour être mis en oeuvre avec une cavité souterraine de type karstique et/ou qui présente des dimensions, en hauteur et/ou en largeur, de l'ordre de quelques dizaines de mètres à quelques centaines de mètres.

[0034] D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée ci-après, d'un exemple de mise en oeuvre non limitatif, faite en référence aux figures annexées dans lesquelles :

- la figure 1 est une représentation schématique des étapes de déconstruction d'un bâtiment exposé à la radioactivité, de concassage et de criblage des blocs et gravats de béton issus de la déconstruction du bâtiment dans un procédé conforme à l'invention ;
- la figure 2 est une représentation schématique des étapes de transport et de convoyage des produits concassés et criblés, issus des étapes de concassage et de criblage de la figure 1, dans un procédé conforme à l'invention ;
- la figure 3 est une représentation schématique de l'étape de mélange des produits concassés et criblés avec une composition cimentaire de béton autonivelant, pour former une chape fluide de béton autonivelant dans un procédé conforme à l'invention ;
- la figure 4 est une représentation schématique de l'étape de forage de puits d'injection dans une cavité souterraine pour un procédé conforme à l'invention ;
- la figure 5 est une représentation schématique d'un plan de forage pour un procédé conforme à l'invention ;

- la figure 6 est une représentation schématique de l'étape d'injection de la chape fluide de béton autonivelant, obtenue lors de l'étape de mélange de la figure 3, dans une cavité souterraine, via les puits d'injection forés lors de l'étape de forage illustré en figure 4, pour un procédé conforme à l'invention.

[0035] L'invention concerne un procédé de traitement de matériaux solides radioactifs de très faible activité, c'est-à-dire présentant une radioactivité massique comprise entre 1 et 100 Bq/g (100 Becquerels par gramme).

[0036] Ce procédé s'applique plus particulièrement aux blocs et/ou gravats de béton 1 armés avec une structure en acier 2, provenant du démantèlement de bâtiments B exposés à la radioactivité. De tels blocs ou gravats de béton présentent généralement une granulométrie ou blocométrie comprise entre 0 et 500 mm après démolition du bâtiment.

[0037] Ce procédé s'applique également aux fraisats de béton (non illustrés) issus du fraisage de blocs ou parois de béton sur une épaisseur donnée, par exemple de l'ordre de 3 à 10 mm, afin d'en éliminer la pollution radioactive de surface. De tels fraisats présentent généralement une granulométrie comprise entre 0 et 10 mm, voire entre 0 et 20 mm.

[0038] Ce procédé comprend les étapes suivantes :

- déconstruction du bâtiment B concerné consistant à démolir le bâtiment B pour former des blocs et/ou gravats de béton 1 puis à séparer les blocs et/ou gravats de béton 1 de la structure en acier 2 ;
- concassage des blocs et/ou gravats de béton 1 dans une gamme de granulométrie, et criblage des matériaux concassés 10, 11, 12 en plusieurs coupures granulométriques ;
- transport des matériaux concassés 10, 11, 12 à l'intérieur de conteneurs 3 sur un site d'enfouissement dans lequel est située une cavité souterraine C, notamment du type cavité karstique ;
- mélange des matériaux concassés 10, 11, 12 avec une composition cimentaire de béton autonivelant 4 afin de réaliser une chape fluide de béton autonivelant 5 ;
- forage de plusieurs puits d'injection 6 sur le site d'enfouissement répartis selon un plan de forage prédéterminé au-dessus de la cavité souterraine C ;
- injection de la chape fluide de béton autonivelant 5 dans la cavité souterraine C via les puits d'injection 6, directement au contact des parois délimitant ladite cavité C ;
- fermeture des puits d'injection 6 par remplissage sur une hauteur prédéterminée avec un matériau de bouchage, notamment du sable prêt à l'emploi ou du béton hydraulique classique.

[0039] Concernant l'étape de déconstruction schématisée en partie sur la figure 1, cette dernière est réalisée au moyen de matériels de déconstruction dotés de

moyens de protection spécifiques contre les radiations.

[0040] Pour réaliser la démolition du bâtiment, il est envisageable d'employer une pelle hydraulique ou excavateur, par exemple d'une gamme de 80 tonnes, configurée en mode de démolition et pourvue de :

- un ensemble bras/balanciers longs, notamment d'une longueur de 25 m ;
- un porte-outil hydraulique pouvant recevoir une attache rapide hydraulique ;
- un brise roche hydraulique, monté sur le porte-outil, par exemple d'une gamme de 3,5 tonnes ; et
- une cabine orientable dotée d'un système de traitement de l'air avec des moyens de pressurisation de la cabine et des moyens de filtration, et d'un système de contrôle dosimétrique du niveau de radioactivité.

[0041] Cette pelle hydraulique est par exemple capable d'assurer la démolition des parois, type mur ou sol, et des poutres du bâtiment B, en béton armé dans une blocométrie comprise entre 0 et 500 mm.

[0042] Pour poursuivre la démolition des blocs et/ou gravats de béton 1 armés de la structure en acier 2, le porte-outil de la pelle peut également porter, via une attache rapide hydraulique, une cisaille hydraulique pour couper les éléments en acier (type ferraille ou armature métallique) et les éléments en béton (type poutre ou paroi) et parvenir à la blocométrie optimale pour l'étape suivante de concassage, à savoir comprise entre 0 et 500 mm.

[0043] Pour permettre le tri et la manipulation des matériaux, le porte-outil de la pelle peut également porter, via une attache rapide hydraulique, un godet et un grappin hydraulique.

[0044] Les différents équipements en attache rapide hydraulique des différents outils, tels que le brise roche hydraulique, la cisaille hydraulique, le godet ou le grappin hydraulique, ont pour intérêt, outre le gain de temps de remplacement, d'éviter toute intervention humaine non protégée vis-à-vis des radiations ; le chauffeur de la pelle pouvant, de sa cabine sous confinement, changer d'outil à volonté sans être exposé.

[0045] Pour convoyer les éléments en béton et acier issus de l'étape de démolition précité, une chargeuse mobile sur pneus reprend les matériaux béton/acier de blocométrie comprise entre 0 et 500 mm pour alimenter les moyens de concassage décrits ci-après. Cette chargeuse, comme la pelle ou l'excavateur, est doté d'un système de traitement et de filtration de l'air, ainsi que d'un système de contrôle dosimétrique du niveau de radioactivité.

[0046] Les systèmes de contrôle dosimétrique installés respectivement sur la pelle ou l'excavateur et sur la chargeuse peuvent être en liaison avec une cellule de sécurité centrale située sur le site de déconstruction, afin de télétransmettre et enregistrer les données de radioactivité pour conserver une traçabilité du risque.

[0047] De façon générale, la collecte des données de

radioactivité et autres informations de sécurité est généralisé dans toutes les autres étapes du procédé de traitement, à la fois sur le site de déconstruction et sur le site d'enfouissement.

[0048] Concernant l'étape de concassage schématisée en partie sur la figure 1, cette dernière se fait en deux temps avec un premier concassage, dit concassage primaire, et un second concassage, dit concassage secondaire.

[0049] L'étape de concassage primaire peut être assurée par un premier dispositif de concassage, notamment du type mobile monté sur chenille, avec une alimentation électrique. Ce premier dispositif de concassage peut comprendre :

- une trémie de réception, par exemple d'un volume de l'ordre de 15 m³, alimenté par la chargeuse en matériaux béton/acier de blocométrie comprise entre 0 et 500 mm ;
- un alimentateur vibrant ;
- un concasseur à mâchoires pourvu notamment de moyens de débouillage et d'un système de réglage hydraulique de la pression des mâchoires, ledit concasseur à mâchoires étant apte à produire des matériaux en béton de blocométrie comprise entre 0 et 200 mm ;
- un système de déferailage conçu pour séparer les morceaux de béton issus du concasseur à mâchoires des éléments en acier, ledit système de déferailage comprenant un électro aimant conçu pour le prélèvement des éléments en acier combiné à un overband magnétique de déferailage ;
- un convoyeur de sortie ; et
- un convoyeur de stockage des matériaux de blocométrie comprise entre 0 et 200 mm.

[0050] Le premier dispositif de concassage est avantageusement télécommandé à distance par le conducteur de la chargeuse décrite ci-dessus ; ce dernier pouvant par exemple, de sa cabine, moduler le débit de l'alimentation du premier dispositif de concassage.

[0051] L'étape de concassage secondaire consiste à produire des matériaux en béton de granulométrie comprise entre 0 et 20 mm, à partir des matériaux en béton de blocométrie comprise entre 0 et 200 mm. Cette étape de concassage secondaire peut être assurée par un second dispositif de concassage qui comprend :

- un système de dessablage par criblage ;
- un concasseur giratoire assurant un broyage dans une coupure granulométrique entre 0 et 20 mm, pourvu de moyens de recyclage des gravats de 20 mm.

[0052] L'étape de criblage des matériaux concassés, issus du second dispositif de concassage, en plusieurs coupures granulométriques est réalisée au moyen d'un dispositif de criblage alimenté en matériaux concassés

ayant une granulométrie comprise entre 0 et 20 mm.

[0053] Ce dispositif de criblage assure un criblage en plusieurs coupures granulométriques, notamment les coupures de granulométrie suivantes :

- une première coupure 10, dite sable 0/4, de granulométrie comprise entre 0 et 4 mm ;
- une deuxième coupure 11, dite agrégats 4/10 de granulométrie comprise entre 4 et 10 mm ; et
- une troisième coupure 12, dite agrégats 10/20, de granulométrie comprise entre 10 et 20 mm.

[0054] Les coupures de granulométrie supérieure à 20 mm sont recyclées dans le second dispositif de concassage afin de subir à nouveau l'étape de concassage secondaire.

[0055] Les granulats 10, 11, 12 ou matériaux issus de l'étape de criblage sont ensuite stockés dans des silos respectifs, par exemple des silos métalliques, avant d'être chargés dans les conteneurs 3 de transport respectifs employés lors de l'étape suivante de transport. A chaque conteneur 3 correspond des granulats dans une coupure donnée, par exemple dans la première ou la deuxième ou la troisième coupure.

[0056] L'étape de transport des granulats 10, 11, 12, issus des différentes étapes susmentionnées réalisées sur le site de déconstruction, à destination du site d'enfouissement est effectuée par l'intermédiaire des conteneurs 3 spécifiques visibles sur les figures 1 et 2.

[0057] Ces conteneurs 3 sont bien entendu conformes dans leur géométrie et leurs dimensions aux standards de transport international, en étant notamment compatibles avec des moyens de transport routier et ferré. Seules la partie supérieure 30 et la porte arrière 31 sont spécifiques à l'utilisation visée, à savoir le transport de matériaux très faiblement radioactifs.

[0058] L'évacuation des granulats 10, 11, 12 vers le site d'enfouissement s'effectue par exemple principalement par voie ferroviaire. Sur le site d'enfouissement, les conteneurs 3 peuvent arriver par train si un embranchement ferroviaire est possible, sinon ils seront transbordés sur des semis remorques 7 équipés de porte-conteneur 70 pour le trajet final, tel qu'illustré en figure 2.

[0059] Pour réaliser cette étape de transport ferré et routier, les conteneurs 3 sont pourvus de moyens d'étanchéité et sont entièrement clos pour réaliser l'étanchéité souhaitée. Il est également envisagé d'effectuer ce transport avec des semis remorques étanches.

[0060] Les conteneurs 3 sont dimensionnés pour contenir par exemple environ 20 tonnes de granulats ; cette capacité de charge utile étant compatible avec la législation pour charger sur des semis remorques 7 équipés de porte-conteneurs 70.

[0061] Les conteneurs 3 présentent en partie supérieure 30 des trappes 32 permettant un chargement sous trémie au moyen d'une manche flexible, par exemple d'un diamètre de 300 mm.

[0062] Ces trappes 32, par exemple au nombre de

trois, sont de forme circulaire et permettent un remplissage gravitaire suffisant des conteneurs. La partie supérieure 30 présente une forme de toit en double pente permettant d'optimiser le chargement gravitaire par manche pour arriver à remplir les 20 tonnes prévues. La porte arrière 31 et les trappes 32 sont pourvues de moyens d'étanchéité et de fermeture adéquats afin d'éviter toute perte de matériaux lors du transport.

[0063] Comme visible sur la figure 2, le porte conteneur 70 comporte une articulation arrière 71 et un vérin frontal 72 pour le déchargement des matériaux 10, 11, 12 transportés dans une trémie réceptrice 73 sur le site d'enfouissement.

[0064] La trémie réceptrice 73 débouche sur une ligne de convoyage 74, par exemple du type ligne de convoyage à bande, qui conduit les matériaux dans des silos de stockage correspondant. Les matériaux sont ainsi stockés en trois coupures granulométriques 10, 11, 12 dans trois batteries de silos.

[0065] Sous ces silos de stockage sont disposés trois extracteurs respectifs pourvus de moyens de contrôle du poids, ou moyens de contrôle pondéral, qui seront employés pour un pré-dosage des matériaux en fonction de leurs coupures granulométriques ; ce pré-dosage étant nécessaire pour l'étape de mélange suivante.

[0066] Concernant l'étape de mélange consistant à réaliser une chape fluide de béton autonivelant 5 et schématisée en partie sur la figure 3, cette dernière est réalisée essentiellement dans une centrale à béton 8, pourvue d'un malaxeur 80.

[0067] La centrale à béton 8 est alimentée en matériaux 10, 11, 12 concassés et criblés via les extracteurs respectifs.

[0068] La centrale en béton 8 est alimentée en composition cimentaire de béton autonivelant 4 via une ou plusieurs lignes de convoyage alimentées en ciment et adjuvants sans compter l'eau. La centrale en béton 8 est ainsi équipée de deux silos à ciments ou plus, ainsi que de cuves et/ou silos supplémentaires pour le stockage des adjuvants.

[0069] L'étape de mélange est par exemple pilotée par des moyens de contrôle informatique pilotant les alimentations en granulats, en ciment, en adjuvants et en eau, ainsi que la vitesse et les temps de malaxage.

[0070] La totalité de la centrale à béton 8 est confinée dans un bâtiment étanche à l'eau et à l'air, notamment au moyen d'un dispositif de dépressurisation filtrante.

[0071] Concernant l'étape de forage schématisée en partie sur les figures 4 et 5, cette dernière est réalisée essentiellement à l'aide d'une foreuse, notamment du type marteau « fond de trou » dont le diamètre standard est par exemple de six pouces et équipé de taillants de huit pouces.

[0072] La profondeur des puits d'injection 6 (ou trous de forage) est adaptée à la profondeur des cavités C dans une fourchette de 40 à 500 m.

[0073] Les puits d'injection 6 seront, si nécessaire, chemisés avec des tubes réalisant l'étanchéité du puit,

comme par exemple des tubes en polymère thermoplastique, tel que le polychlorure de vinyle ou le polyéthylène haute densité, ou des tubes acier.

[0074] Comme visible en figure 5, les puits d'injection 6 sont espacés les uns des autres et répartis selon un plan de forage prédéterminé, tel qu'un maillage de largeur L prédéfinie, notamment de l'ordre de 40 m. Cela signifie que les forages auront lieu sur une aire sur laquelle les puits d'injection 6 sont distants les uns des autres d'au moins une distance L de 40 mètres.

[0075] Concernant l'étape d'injection schématisée en partie sur la figure 6, cette dernière est réalisée essentiellement au moyen de canalisations 90 et d'une ou plusieurs pompes à béton de mise en circulation de la chape fluide 5 dans les canalisations 90.

[0076] Afin d'éviter la manipulation de la chape fluide 5 hors confinement, cette chape fluide 5 sera ainsi acheminée de la centrale à béton 8 jusqu'au puit d'injection 6 par les canalisations 90 et par une pompe, notamment du type pompe à béton. Des pompes relais peuvent être nécessaires en fonction de la longueur des canalisations 90 et de l'étendue du site d'enfouissement.

[0077] Les têtes 60 des puits d'injection 6 sont fermées et couvertes par des dispositifs de vannes et d'obturateurs montés sur les canalisations 90. La chape fluide 5 est injectée à basse pression dans les puits d'injection 6.

[0078] Comme schématisé en figure 6, de par ses qualités autonivelantes et colloïdales, la chape fluide 5 s'étale en couches jusqu'à environ 20 m des axes des puits d'injection 6.

[0079] La cavité C est ainsi remplie au fur et à mesure par couches successives jusqu'au remplissage total de la cavité C.

[0080] L'injection de la chape fluide 5 peut être faite soit de façon continue, soit de façon discontinue.

[0081] Avec des coulages discontinus, il est possible d'étaler dans le temps le remplissage de la cavité C, l'objectif étant le stockage de matières qui vont se solidifier rapidement.

[0082] Le béton autonivelant ainsi coulé et solidifié présente de très faibles propensions à l'altération dans le temps.

[0083] La dernière étape de fermeture des puits d'injection 6 est réalisée lorsque la cavité C est pleine, les puits d'injection 6 étant bouchés ou condamnés par un remplissage avec du sable sur une hauteur H, par exemple d'au moins 30 mètres. Les têtes 60 des puits d'injection 6 sont ensuite scellées après avoir été équipées de gaines pouvant par exemple abriter des capteurs de contrôle de l'activité rayonnante afin de suivre la décroissance dans le temps de la radioactivité.

Revendications

1. Procédé de traitement de matériaux solides (1) radioactifs comprenant les étapes suivantes :

- T1) concassage des matériaux solides (1) dans une gamme de granulométrie prédéterminée ;
 T2) mélange des matériaux solides concassés (10, 11, 12) avec une composition cimentaire de béton autonivelant (4) afin de réaliser une chape fluide de béton autonivelant (5) ;
 T3) injection de la chape fluide de béton autonivelant (5) dans une cavité souterraine (C) située dans un site d'enfouissement, directement au contact des parois délimitant ladite cavité (C).
2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel les matériaux solides (1) radioactifs sont constitués de blocs et/ou gravats de béton provenant du démantèlement de bâtiments (B) exposés à la radioactivité.
3. Procédé selon la revendication 2, dans lequel les blocs et/ou gravats de béton (1) sont armés avec une structure en acier (2), ledit procédé comprenant une étape préalable de déconstruction consistant à démolir des bâtiments (B) pour former des blocs ou gravats de béton (1) puis à séparer les blocs et/ou gravats de béton (1) de la structure en acier (2).
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel les matériaux solides (1) constituent des matériaux dont la radioactivité massique est inférieure à 100 Becquerels par gramme.
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, comprenant, après l'étape T1) de concassage, une étape de transport des matériaux solides concassés (10, 11, 12) sur le site d'enfouissement, au moyen de conteneurs (3) pourvus de moyens d'étanchéité.
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel l'étape T3) d'injection consiste à injecter la chape fluide de béton autonivelant (5) dans la cavité souterraine (C) via plusieurs puits d'injection (6) espacés les uns des autres.
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, comprenant une étape préalable de forage consistant à forer un ou plusieurs puits d'injection (6) sur le site d'enfouissement répartis selon un plan de forage prédéterminé.
8. Procédé selon les revendications 6 ou 7, comprenant une étape finale de fermeture du ou des puits d'injection (6) par remplissage sur une hauteur prédéterminée avec un matériau de bouchage, notamment du sable.
9. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'étape T3) consiste à injecter la chape fluide de béton autonivelant (5) de façon discontinue, par couches successives jusqu'au remplissage au moins partiel de la cavité souterraine (C).
10. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant, après l'étape T1) de concassage, une étape de criblage des matériaux solides concassés (10, 11, 12) en plusieurs coupures granulométriques, notamment des coupures de granulométrie comprise entre 0 et 4 mm et/ou entre 4 et 10 mm et/ou entre 10 et 20 mm.
11. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la cavité souterraine (C) est une cavité karstique.
12. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la cavité souterraine (C) présente des dimensions, en hauteur et/ou en largeur, de l'ordre de quelques dizaines de mètres à quelques centaines de mètres.

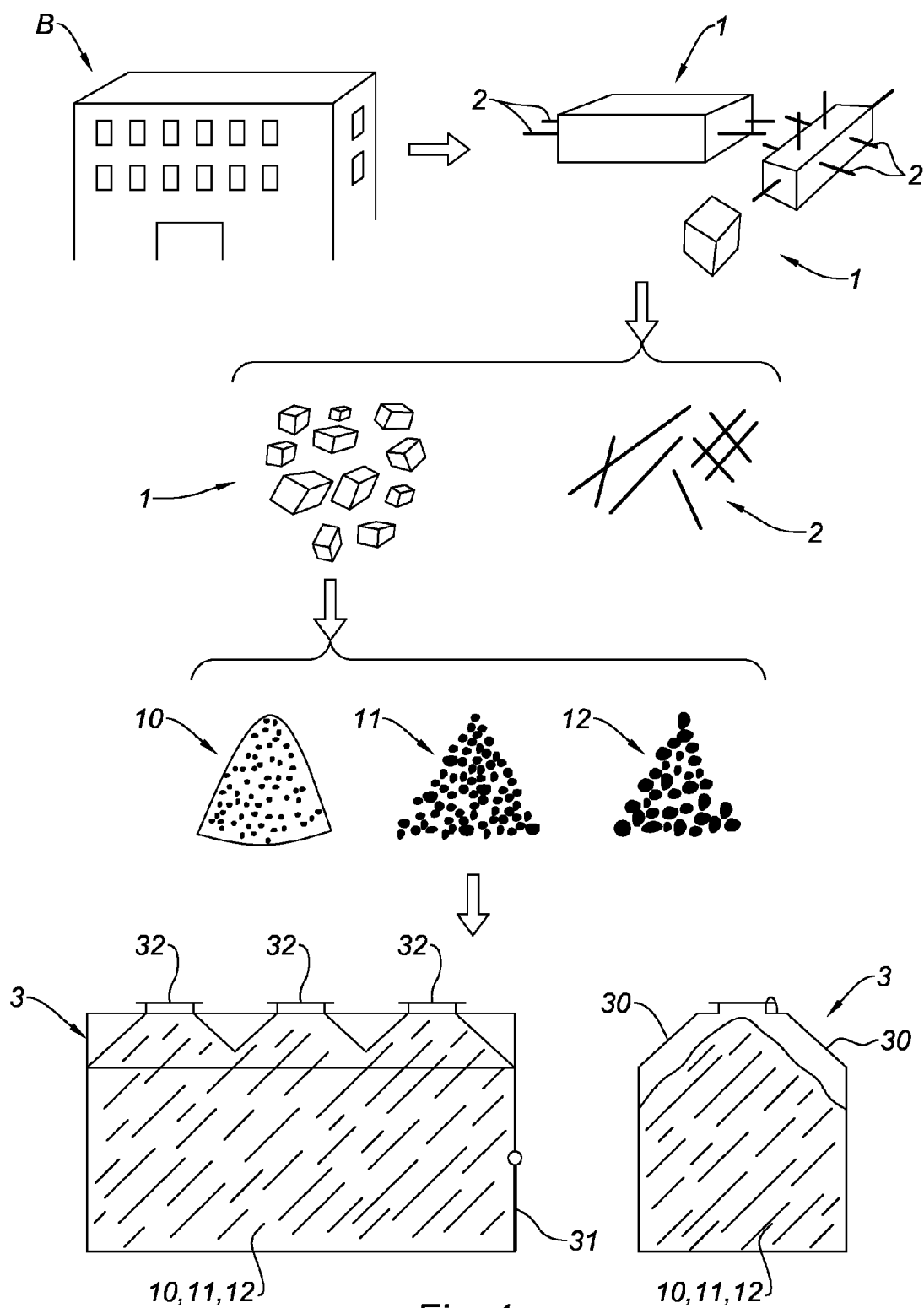


Fig. 1

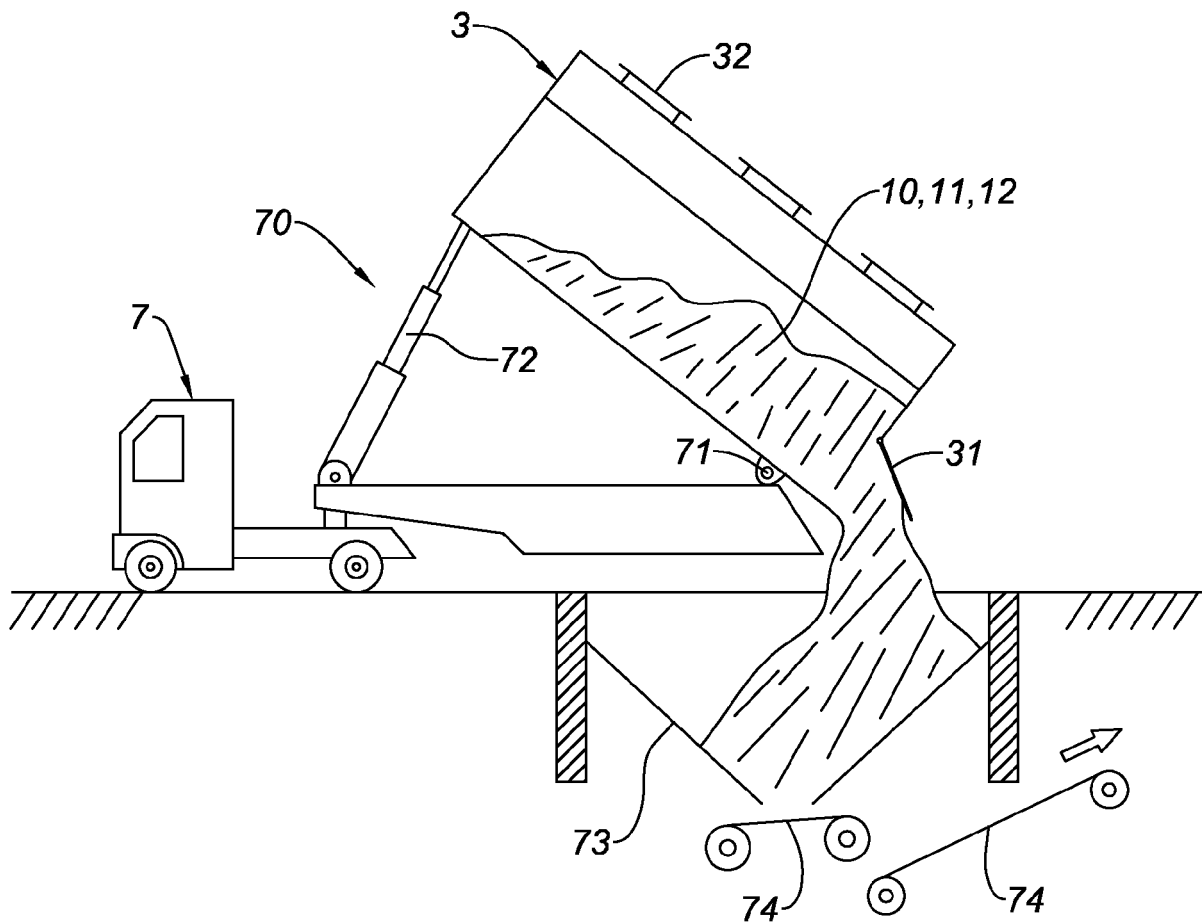


Fig. 2

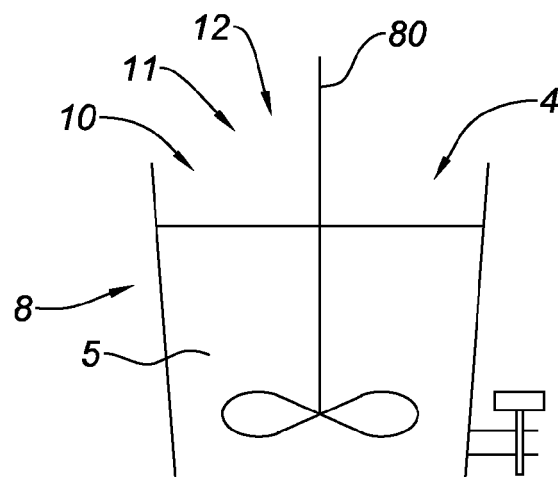
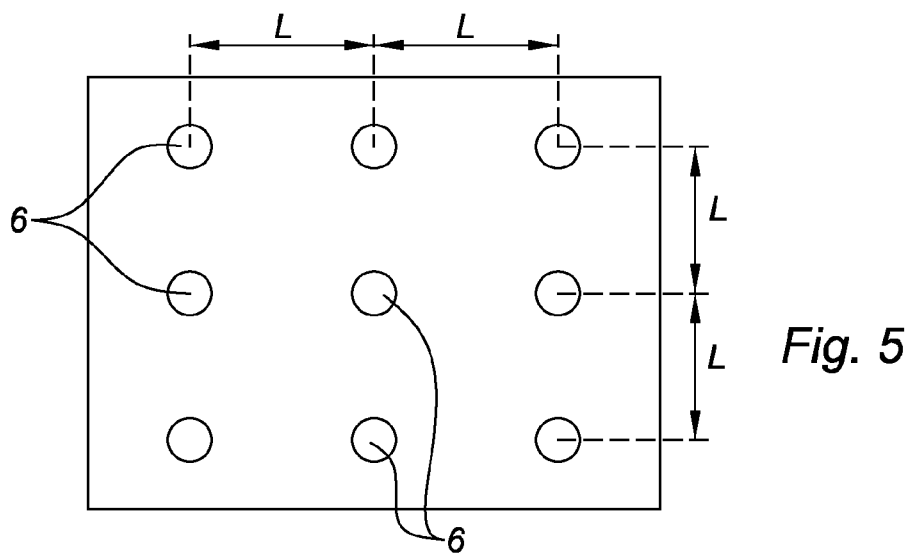
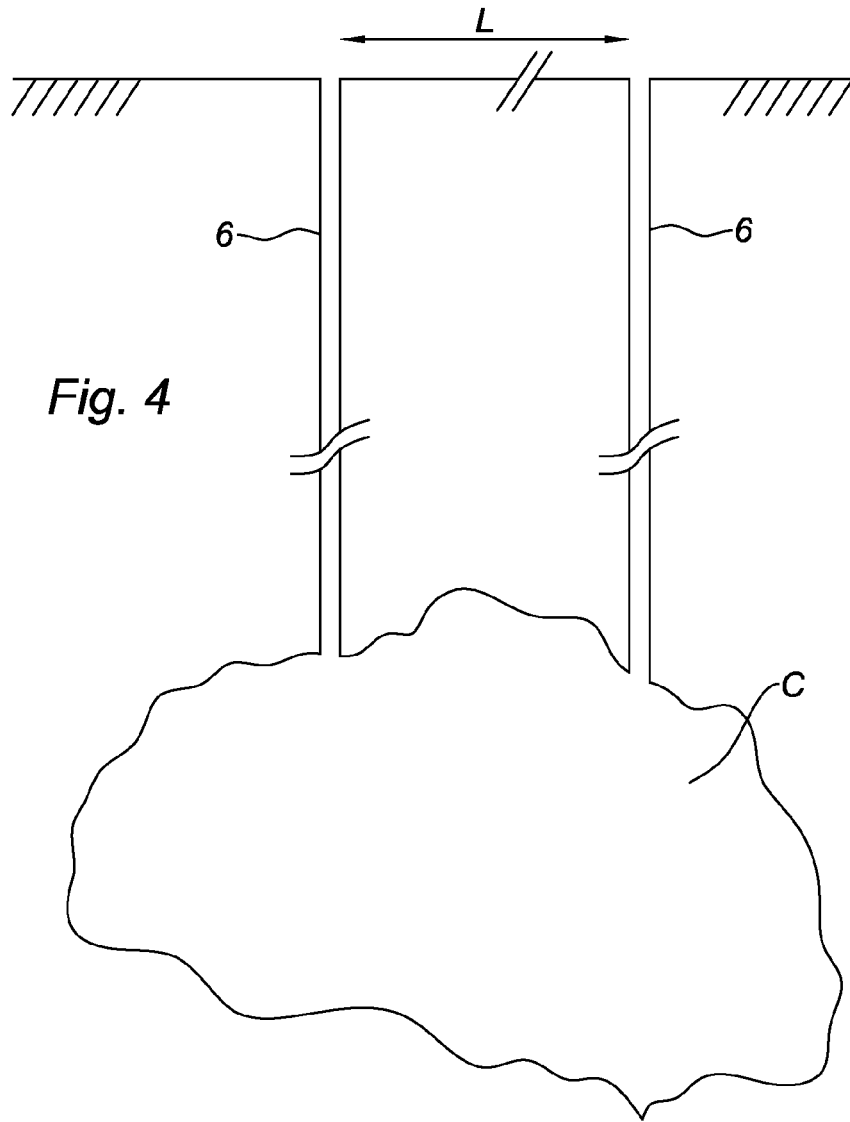


Fig. 3



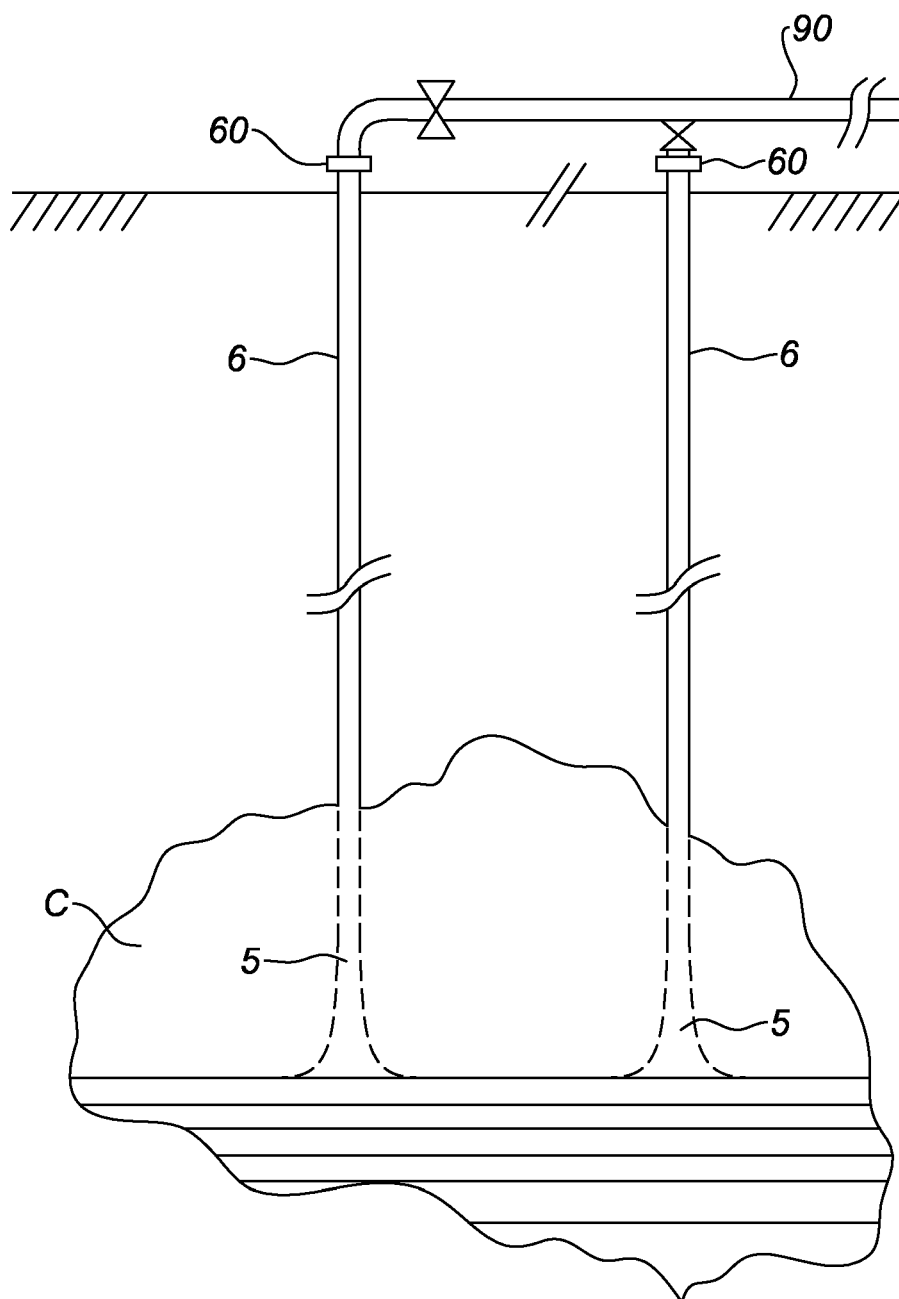


Fig. 6



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 10 17 8759

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	US 4 432 666 A (FREY RUDOLF [DE] ET AL) 21 février 1984 (1984-02-21)	1,4,8, 10-12	INV. G21F9/28
A	* colonne 1, ligne 6 - colonne 8, ligne 20; revendications 1,2 *	2,3,5-7, 9	G21F9/30 G21F9/34 G21D1/00
X	DE 20 39 130 A1 (HALLIBURTON CO) 10 février 1972 (1972-02-10)	1,5-12	
Y	* page 2, ligne 1 - page 15, ligne 5; figures 1-3 *	1-12	
Y	DE 40 23 117 A1 (KERNFORSCHUNGSZ KARLSRUHE [DE]) 30 janvier 1992 (1992-01-30) * colonne 1, ligne 1 - colonne 7, ligne 55; figures 1-6 *	1-12	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			G21F G21D B09B
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche Munich		Date d'achèvement de la recherche 24 janvier 2011	Examineur Lohberger, Severin
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES 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 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			

 1
 EPO FORM 1503 03.82 (P4C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 10 17 8759

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

24-01-2011

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 4432666	A	21-02-1984	AT 374380 B	10-04-1984
			BE 884292 A1	03-11-1980
			CH 649233 A5	15-05-1985
			DD 149136 A5	24-06-1981
			DE 2950462 A1	19-06-1981
			DK 282280 A	15-06-1981
			ES 8104118 A1	01-07-1981
			FR 2471265 A1	19-06-1981
			IL 61155 A	15-05-1983
			IT 1209802 B	30-08-1989
			JP 56088006 A	17-07-1981
			MA 18913 A1	01-04-1981
			NL 8000842 A	16-07-1981
			SE 8004477 A	15-06-1981

DE 2039130	A1	10-02-1972	AUCUN	

DE 4023117	A1	30-01-1992	AUCUN	

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- FR 2624410 A1 [0007]
- FR 2516292 [0008] [0010]
- DE 4023118 A [0009] [0010]
- DE 4023117 A [0009]
- EP 0724271 B1 [0011]
- US 4432666 A [0012]
- DE 2039130 [0013] [0014]
- US 3513100 A [0013] [0014]
- FR 2704853 A1 [0017]
- WO 0066512 A [0017]
- WO 9925664 A [0017]
- EP 0934915 A1 [0017]
- WO 9620901 A [0017]
- EP 1683768 A1 [0017]
- WO 9851637 A [0017]
- FR 2919602 A1 [0017]
- FR 2815342 A1 [0017]
- FR 2751956 A1 [0017]