



SPF ECONOMIE, P.M.E.,
CLASSES MOYENNES & ENERGIE

NUMERO DE PUBLICATION : 1014877A3
NUMERO DE DEPOT : 2002/0384
Classif. Internat. : G21C
Date de délivrance le : 04 Mai 2004

Le Ministre de l'Economie,

Vu la Convention de Paris du 20 Mars 1883 pour la Protection de la propriété intellectuelle;

Vu la loi du 28 Mars 1984 sur les brevets d'invention, notamment l'article 22;

Vu l'arrêté royal du 2 Décembre 1986 relatif à la demande, à la délivrance et au maintien en vigueur des brevets d'invention, notamment l'article 28;

Vu le procès verbal dressé le 11 Juin 2002 à 24H00 à l'Office de la Propriété Intellectuelle

ARRETE:

ARTICLE 1.- Il est délivré à : FRAMATOME ANP
Tour Framatome 1 Place de la Coupole, F-92400 COURBEVOIE(FRANCE)

représenté(e)(s) par : de KEMMETER François, CABINET BEDE, Boulevard Lambermont 140
- B 1030 BRUXELLES.

un brevet d'invention d'une durée de 20 ans, sous réserve du paiement des taxes annuelles, pour : PROCEDE ET DISPOSITIF D'ELIMINATION, SOUS FORME COMPACTE, D'UN SQUELETTE IRRADIE D'UN ASSEMBLAGE DE COMBUSTIBLE D'UN REACTEUR NUCLEAIRE.

INVENTEUR(S) : Veron Jean-Luc, 5K avenue du Général de Gaulle, F-69300 Caluire (FR)

PRIORITE(S) 12.06.01 FR FRA 0107692

ARTICLE 2.- Ce brevet est délivré sans examen préalable de la brevetabilité de l'invention, sans garantie du mérite de l'invention ou de l'exactitude de la description de celle-ci et aux risques et périls du(des) demandeurs(s).

Pour expédition certifiée conforme

L. WUYTS
CONSEILLER

Bruxelles, le 04 Mai 2004
PAR DELEGATION SPECIALE :

L. WUYTS
CONSEILLER

Procédé et dispositif d'élimination, sous forme compacte, d'un squelette irradié d'un assemblage de combustible d'un réacteur nucléaire.

L'invention concerne un procédé et un dispositif d'élimination sous forme compactée d'un squelette irradié d'un assemblage de combustible et en particulier d'un assemblage de combustible d'un réacteur nucléaire à eau sous pression.

5 Les réacteurs nucléaires à eau sous pression comportent des assemblages de combustible présentant une forme générale prismatique droite à section carrée. Les assemblages de combustible comportent un faisceau de crayons de combustible constitués chacun d'un tube de gainage fermé par des bouchons à ses extrémités et renfermant un empilement de pastilles
10 de matériau combustible et un squelette assurant le maintien des crayons du faisceau de combustible dans des dispositions parallèles entre elles.

Les squelettes d'assemblages de combustible comportent une pluralité de grilles-entretoises comportant des cellules dans chacune desquelles est engagé un crayon de combustible, réparties et espacées suivant la direction longitudinale de l'assemblage de combustible ainsi que des tubes-guides parallèles entre eux et se substituant à certains crayons de combustible, dans certaines des cellules des grilles-entretoises. Les tubes-guides (par exemple vingt-quatre tubes-guides) répartis dans la section transversale de l'assemblage de combustible constituent un faisceau assurant la rigidité
15 du squelette de l'assemblage de combustible dans la direction longitudinale axiale. Les tubes-guides de l'assemblage de combustible sont fixés par soudage ou maintenus par serrage dans les cellules de grilles-entretoises, de sorte que le squelette présente une bonne rigidité.

Les tubes-guides comportent des parties d'extrémité de part et d'autre
25 d'une première et d'une dernière grilles-entretoises du squelette, sur lesquelles sont fixés des embouts d'extrémité du squelette. Un premier embout, ou embout inférieur, de l'assemblage de combustible comporte des pieds par l'intermédiaire desquels l'assemblage de combustible repose sur une plaque inférieure de support du cœur, à l'intérieur de la cuve du réacteur nucléaire.

30 Le second embout de l'assemblage de combustible fixé sur la seconde partie d'extrémité des tubes-guides, en saillie par rapport à la dernière grille-entretoise, ou grille supérieure, constitue l'embout supérieur de l'assemblage de combustible qui comporte en particulier des ressorts de main-

tien élastique de l'assemblage de combustible sur lesquels une plaque supérieure de cœur est mise en appui sur les assemblages de combustible disposés dans le cœur du réacteur nucléaire.

5 Les grilles-entretoises successives sont séparées par des tronçons du faisceau de tubes-guides et, de même, un premier et un dernier tronçons du faisceau de tubes-guides sont placés entre la première grille et le premier embout et la dernière grille et le second embout du squelette, respectivement.

10 Après un certain temps de séjour dans le cœur du réacteur nucléaire, les assemblages de combustible doivent être déplacés à l'intérieur du cœur ou remplacés par des assemblages de combustible neufs, les assemblages de combustible usagés étant alors transportés et stockés dans une piscine du combustible usé attenante au bâtiment du réacteur nucléaire.

15 Dans le cas où le squelette a été détérioré, il est nécessaire de transférer tous les crayons de combustible de l'assemblage endommagé, dans un squelette neuf (opération appelée "reconstitution") afin de poursuivre leur irradiation.

20 Il est alors nécessaire d'assurer l'élimination du squelette irradié détérioré et vidé de ses crayons et son stockage sous une forme la plus compacte possible, dans une zone de stockage de longue durée, à l'intérieur de conteneurs adaptés.

Pour leur élimination, les squelettes d'assemblages de combustible doivent donc être compactés et découpés pour pouvoir être introduits dans des conteneurs de stockage.

25 Ces opérations, effectuées sur des squelettes fortement irradiés, doivent être réalisées sous une profondeur d'eau suffisante, à l'intérieur d'une piscine, ou d'une fosse communiquant avec la piscine, pour assurer une bonne protection biologique des opérateurs chargés de l'élimination des squelettes.

30 On a proposé, par exemple, dans le FR-2.538.939, un appareil permettant de découper et de mettre sous forme compacte un squelette d'assemblage de combustible. L'appareil décrit réalise un tronçonnage du squelette de l'assemblage de combustible (duquel on a enlevé les crayons de

combustible) par découpage des tubes-guides, à l'intérieur des tronçons du faisceau disposés chacun entre deux grilles-entretoises successives.

5 Les tronçons de squelette obtenus qui comportent des tronçons de tubes-guides, une grille-entretoise et, éventuellement, un embout d'extrémité de l'assemblage de combustible sont introduits dans une unité de compactage placée de manière adjacente à l'unité de découpage de l'appareil utilisé pour l'élimination du squelette.

10 Le dispositif et le procédé d'utilisation correspondant présentent l'inconvénient de nécessiter l'utilisation d'une unité de découpage et d'une unité de compactage, sans que l'on puisse réaliser une séparation sélective des matériaux constituant le squelette de l'assemblage de combustible. En outre, le découpage du faisceau de tubes guides doit être réalisé dans une chambre de cisaillement, dans laquelle il faut introduire le squelette de l'assemblage de combustible.

15 Le but de l'invention est donc de proposer un procédé d'élimination sous forme compacte, d'un squelette irradié d'assemblages de combustible d'un réacteur nucléaire comportant un faisceau de tubes-guides parallèles entre eux, une pluralité de grilles-entretoises réparties et espacées suivant la longueur des tubes-guides qui sont engagés et fixés à l'intérieur de cellules
20 des grilles-entretoises et un premier et un second embouts d'extrémité fixés aux extrémités des tubes-guides, respectivement, à distance d'une première grille-entretoise et d'une dernière grille-entretoise, suivant la direction longitudinale du squelette, l'élimination du squelette étant réalisée sous eau dans une piscine, de manière à faciliter le découpage et le compactage de tronçons du squelette et à séparer les uns des autres, les différents matériaux
25 métalliques pouvant constituer le squelette.

Dans ce but :

- on suspend le squelette par son second embout à un moyen de déplacement à l'intérieur de la piscine,
- 30 - on prévoit, dans la piscine, un moyen de compactage et de découpage du squelette,
- on introduit le squelette dans le moyen de compactage et de découpage par tronçons successifs, dans la direction longitudinale, comportant au

moins l'un de tronçons longitudinaux du faisceau de tubes-guides entre deux grilles-entretoises ou entre un embout et une grille-entretoise,

- on compacte, dans au moins deux directions perpendiculaires à la direction longitudinale, les tronçons de tubes-guides et les grilles-entretoises du squelette, successivement,

- on découpe les tronçons de tubes-guides à l'état compacté dans une zone adjacente à l'un d'une grille-entretoise et d'un embout, successivement, de manière à séparer du squelette au moins l'un d'un tronçon de tube-guide, d'une grille-entretoise et d'un embout d'extrémité, et

- on recueille, dans un premier conteneur, les embouts d'extrémité et, dans un second conteneur, les tronçons de tubes-guides et les grilles-entretoises à l'état compacté.

Il est à remarquer que le terme "piscine" utilisé plus haut recouvre aussi bien la piscine du réacteur nucléaire qu'une fosse communiquant avec la piscine ou prévue dans la piscine, telle qu'une fosse destinée à recevoir un château de plomb.

Afin de bien faire comprendre l'invention, on va décrire, à titre d'exemple, en se référant aux figures jointes en annexe, un dispositif d'élimination de squelettes d'assemblages de combustible et son utilisation pour la mise en œuvre du procédé de l'invention.

La figure 1 est une vue en élévation et en coupe verticale de l'ensemble du dispositif d'élimination à l'intérieur d'une piscine ou d'une fosse en eau communiquant avec la piscine d'une centrale nucléaire.

Les figures 2, 3, 4, 5, 6 et 7 sont des vues en élévation et en coupe verticale schématique du dispositif de découpage et de compactage et d'un squelette d'assemblage de combustible, au cours de différentes phases de mise en œuvre du procédé de l'invention.

Les figures 8 et 9 sont des vues en coupe verticale de moyens de récupération des embouts d'extrémité de l'assemblage de combustible.

Les figures 10 et 11 sont des vues schématiques dans un plan transversal des moyens de compactage d'une grille-entretoise, au cours de deux phases successives d'une opération de compactage.

Les figures 12 et 13 sont des vues en élévation et en coupe verticale des moyens de compactage, au cours de deux phases successives de compactage d'une grille-entretoise.

5 La figure 14 est une vue en plan d'une cisaille de découpage d'un tronçon du faisceau de tubes-guides du squelette de l'assemblage de combustible.

Sur la figure 1, on a représenté une piscine 1 délimitée par des parois en béton telles que 2 du bâtiment du combustible d'une centrale nucléaire (ce peut être la piscine principale ou une fosse auxiliaire).

10 La piscine 1 est remplie d'eau jusqu'à un niveau 3 et présente un fond 2a sur lequel est posé et fixé un dispositif de compactage et de découpage désigné, de manière générale, par le repère 4, permettant de réaliser l'élimination à l'état compacté du squelette 5 d'un assemblage de combustible de la centrale nucléaire, sous une hauteur d'eau, par exemple de dix mètres, 15 permettant d'assurer la protection biologique d'opérateurs chargés de piloter les opérations effectuées sur l'assemblage de combustible, depuis un poste de conduite 6 placé sur un plancher de travail 2b, au niveau supérieur de la piscine. Suivant la configuration de la piscine, le dispositif d'élimination de squelettes sera posé et fixé soit sur le fond de la piscine, soit sur les racks 20 de stockage des assemblages irradiés.

Le squelette 5 est un squelette irradié d'un assemblage de combustible dont on a extrait l'ensemble des crayons de combustible, avant de réaliser les opérations de compactage, de découpage et d'élimination des déchets produits.

25 On prend en charge le squelette 5 irradié de l'assemblage de combustible avec un outil de levage et de manutention 7, tel qu'un outil de manutention d'assemblages de combustible usagés dans la piscine du combustible.

30 L'outillage de levage 7 comporte une partie inférieure de préhension qui est engagée dans des parties de préhension de l'embout supérieur 5b du squelette 5.

Le squelette 5 comporte un faisceau de tubes-guides 8 maintenus dans des dispositions parallèles entre elles, chacun des tubes-guides 8 du

faisceau étant engagé et fixé dans une cellule d'une grille-entretoise 9 d'une pluralité de grilles-entretoises réparties et espacées suivant la direction longitudinale de l'ossature 5, de sorte qu'entre deux grilles-entretoises successives 9, le faisceau de tubes-guides 8 se présente sous la forme d'un tronçon de faisceau d'une longueur sensiblement constante.

De plus, un premier embout 5a, ou embout inférieur, de l'assemblage de combustible et le second embout 5b, ou embout supérieur, sont fixés sur les parties d'extrémité des tubes-guides 8, à la suite de la première grille-entretoise 9a, ou grille-entretoise inférieure et de la dernière grille-entretoise 9b, ou grille-entretoise supérieure, respectivement.

L'embout inférieur 5a comporte des pieds d'appui permettant de faire reposer l'assemblage de combustible sur une plaque inférieure de cœur, en position de service, dans la cuve du réacteur nucléaire.

L'embout supérieur 5b comporte des ressorts d'appui 5'b de la plaque supérieure de cœur, pour le maintien des assemblages de combustible en position de service dans le cœur du réacteur nucléaire.

Le dispositif de compactage et de découpage 4 comporte un conduit 10 d'introduction et de guidage du squelette 5, une unité de compactage et de découpage 11 montée transversalement dans le conduit 10 et une enceinte 12 de réception des déchets compactés et découpés dans laquelle débouche, par une partie inférieure à grand diamètre disposée en-dessous de l'unité de compactage et de découpage 11, le conduit 10 d'introduction et de guidage.

Dans la partie inférieure élargie 10a du conduit 10 débouchant dans l'enceinte 12 est placé un volet mobile 13 monté pivotant autour d'un axe 13' actionné par des moyens de commande du volet 13 pour le déplacer entre une position fermée et l'une ou l'autre de deux positions d'ouverture pour le passage des déchets compactés et découpés dans l'enceinte 12.

A l'intérieur de l'enceinte 12, sont placés deux réceptacles 14a et 14b séparés présentant des parois verticales s'étendant au-dessus du fond du réceptacle 12, à l'aplomb de la partie débouchante 10a du conduit de guidage 10. Dans une première position d'ouverture du volet 13, les déchets sont guidés vers le premier compartiment 14a, alors que dans une seconde

position du volet 13, les déchets sont guidés vers le second compartiment 14b, par une partie supérieure inclinée de la paroi du réceptacle 14b.

Le dispositif de compactage et de découpage 4 comporte de plus un ensemble d'aspiration et de filtration d'eau dans le conduit 10, en-dessous de l'unité 11 de compactage et de découpage, de manière à aspirer, avec l'eau du conduit 10, les déchets produits par le compactage et le découpage du squelette 5 d'assemblage de combustible, les déchets étant ensuite arrêtés par le filtre du dispositif 15.

Les déchets arrêtés par le filtre peuvent être déversés dans l'un des compartiments 14a et 14b, ou être conditionnés séparément par l'exploitant du réacteur nucléaire.

Une caméra vidéo 16 permet de surveiller, depuis le poste de commande 6, au niveau supérieur de la piscine, la zone de compactage et de découpage du dispositif 4 et/ou la zone d'introduction et d'empilement des déchets dans les réceptacles 14a et 14b.

Le fond des compartiments 14a et 14b peuvent comporter des trappes mobiles, de manière que les déchets introduits dans les réceptacles 14a et 14b puissent être déversés dans des conteneurs de stockage, les réceptacles étant déplacés et soulevés au-dessus des conteneurs de stockage.

L'unité de compactage et de découpage 11 est reliée par des tuyauteries (non représentées) à une centrale hydraulique ou pneumatique disposée au-dessus du niveau de la piscine, sur le plancher 2b, la centrale hydraulique pouvant fournir de l'eau déminéralisée sous pression ou de l'air comprimé à l'unité 11 de compactage et de découpage qui comporte en particulier une presse hydraulique qui peut être actionnée par l'eau déminéralisée sous pression ou par l'air comprimé.

Le dispositif d'aspiration et de filtration 15 comporte une motopompe qui peut être alimentée en courant électrique par un câble à partir du poste de commande 6, ou être actionnée par de l'air comprimé.

La caméra vidéo 16 est également reliée par un câble vidéo et un câble d'alimentation au poste de commande 6.

Le poste 6 comporte des moyens de commande à distance de l'unité de compactage et de découpage 11 et du dispositif d'aspiration et de filtra-

tion 15 ainsi que des écrans de visualisation des images fournies par la caméra vidéo 16 d'au moins une zone du dispositif de compactage et de découpage 4.

5 On va maintenant décrire une opération de compactage et de découpage d'un squelette 5 d'assemblage de combustible, en se reportant aux figures 2 à 7 qui montrent les étapes successives mises en œuvre pour le compactage et le découpage d'un squelette 5 d'assemblage de combustible.

10 Sur la figure 2, on voit le dispositif 4 et le squelette 5 dans une phase initiale dans laquelle la partie inférieure comportant l'embout inférieur 5a du squelette 5 se trouve juste au-dessus de l'entrée du conduit 10 d'introduction et de guidage du dispositif de compactage 4.

15 Sur la figure 3, on a représenté le squelette 5 dans une phase ultérieure dans laquelle on réalise la compression de la première grille-entretoise 9a. Entre la phase initiale représentée sur la figure 2 et la première phase représentée sur la figure 3, on a fait descendre le squelette 5 à l'aide de l'outil 7, de manière que la première grille entretoise, c'est-à-dire la grille inférieure 9a située immédiatement au-dessus de l'embout inférieur 5a du squelette 5 se trouve dans la zone de compression du dispositif de compactage et de découpage 11. Dans la zone de compression, le dispositif 11

20 comporte des mors tels que 17a et 17b qui sont actionnés par la presse hydraulique du dispositif 11, pour réaliser leur rapprochement et l'écrasement de la grille 9a, comme représenté par les flèches 18 et 18'.

25 En se reportant aux figures 10 et 11, on voit que l'unité de compactage 11 comporte quatre mors 17a, 17b, 17c et 17d parallèles deux à deux pour constituer un quadrilatère, par exemple un carré, à l'intérieur duquel la grille-entretoise 9 (par exemple la grille inférieure 9a) de forme carrée est placée de manière que ses diagonales soient parallèles aux mors 17a, 17b et 17c, 17d, respectivement.

30 Les mors 17a, 17b, 17c et 17d sont montés mobiles les uns par rapport aux autres, dans des directions qui leur sont perpendiculaires, grâce à des éléments de guidage de l'unité de compactage 11.

Les mors 17a, 17b, 17c et 17d peuvent être déplacés entre leur position représentée sur la figure 10 (avant compression de la grille-entretoise 9)

et leur position représentée sur la figure 11 (après compression de la grille-entretoise 9), grâce à des moyens de déplacement tels que des vérins de la presse hydraulique ou pneumatique de l'unité 11 alimentée en eau déminéralisée sous pression ou en air comprimé. La presse hydraulique comporte

5 de préférence quatre vérins associés chacun à un mors de compression des grilles pour son déplacement dans une direction perpendiculaire à sa direction longitudinale.

Le déplacement des mors de compactage produit un écrasement de la grille-entretoise 9 qui est constituée par des bandes métalliques entrecroisées et assemblées entre elles pour définir un réseau de cellules à section

10 carrée dans certaines desquelles sont placés et fixés des tubes-guides 8. La grille-entretoise 9 est écrasée suivant les directions de ses deux diagonales, de sorte que sa section est considérablement réduite, les plaquettes métalliques constituant les cellules pouvant se déplacer et venir en contact les

15 unes avec les autres sous l'effet de la compression.

De plus, comme il est visible sur les figures 12 et 13 qui montrent, dans une vue schématique en coupe par un plan vertical, la grille-entretoise inférieure 9a avant et après écrasement, le faisceau de tubes 8 se trouve

20 resserré au niveau de la grille-entretoise 9a comprimée entre les mors 17a et 17b de l'unité de compactage 11 dans au moins deux directions perpendiculaires à la direction longitudinale (verticale) de l'assemblage de combustible, de sorte que la section transversale du faisceau de tubes-guides 8 est considérablement réduite, dans une zone située au-dessus de la grille-entretoise 9a et entre la grille-entretoise 9a et l'embout inférieur 5a du sque-

25 lette 5 d'assemblage de combustible.

Comme il est visible sur la figure 4, on réalise, après compactage de la première grille-entretoise 9a et du faisceau de tubes-guides 8, le découpage d'un premier tronçon du faisceau de tubes-guides 8, un peu au-dessus de l'embout inférieur 5a, à l'aide de deux lames de découpage 19a et 19b

30 actionnées par la presse hydraulique de l'unité 11 de compactage et de découpage. Une cisaille 19 comportant deux lames de cisaille 19a et 19b, en cours de cisailage d'un faisceau de tubes-guides 8 a été représentée sur la figure 14.

Comme il est visible sur la figure 4, l'embout inférieur 5a du squelette 5 d'assemblage de combustible séparé du premier tronçon du faisceau de tubes-guides 8 dont on a réalisé le découpage tombe dans le réceptacle 14a de l'enceinte 12, le volet 13 étant placé dans une position assurant le guidage de l'embout vers le réceptacle 14a.

Comme il est visible sur la figure 5, on réalise, dans une troisième étape du procédé de compactage et de découpage, le découpage d'un second tronçon du faisceau de tubes-guides 8, au-dessus de la grille-entretoise 9a à l'état compacté, en utilisant la cisaille 19.

Le volet 13 est placé de manière que la grille-entretoise 9a à l'état compacté tombe dans le second réceptacle 14b de l'enceinte de récupération 12.

Comme il est visible sur la figure 6, dans une quatrième étape du procédé, on réalise le compactage du second tronçon du faisceau de tubes-guides 8, en-dessous de la seconde grille-entretoise 9, en utilisant les mors tels que 17a et 17b de la presse hydraulique de l'unité de compactage 11.

Comme il est visible sur la figure 7, dans une cinquième étape du procédé, on utilise la cisaille 19 pour réaliser le découpage du second tronçon du faisceau de tubes-guides 8, entre la première et la deuxième grille entretoise 9. Il est possible d'effectuer un découpage fin des faisceaux de tubes-guides, en actionnant le compactage et la cisaille à plusieurs reprises sur le tronçon de tubes-guides, en descendant le squelette progressivement.

Le volet 13 est placé dans une position telle que les tubes-guides 8 tombent dans le second réceptacle 14b renfermant la première grille-entretoise 9a à l'état compacté.

Le compactage et le découpage du squelette 5 d'assemblage de combustible sous la forme de déchets compactés récupérés dans les réceptacles 14a et 14b sont ensuite réalisés en déplaçant le squelette vers le bas, de manière que la seconde grille-entretoise 9 se trouve entre les mors de compactage 17a, 17b, 17c, 17d de la presse hydraulique, dans une position identique à la position de la grille 9a représentée sur la figure 10. On réalise alors le compactage de la seconde grille-entretoise puis le découpage d'un tronçon du faisceau de tubes-guides au-dessus de la seconde grille-

entretoise qui est récupérée à l'état compacté dans le réceptacle 14b, au cours d'une septième et d'une huitième étapes du procédé.

Une neuvième étape du procédé consiste à compacter le tronçon du faisceau de tubes-guides entre la deuxième et la troisième grilles-entretoises et une dixième étape du procédé consiste à découper le tronçon de tubes-guides à l'état compacté entre la deuxième et la troisième grilles-entretoises.

On effectue successivement, en déplaçant l'assemblage de combustible vers le bas d'une hauteur voulue, des étapes analogues aux étapes 7, 8, 9 et 10, pour compacter et découper, successivement, les grilles-entretoises d'extrémité 9 situées à l'extrémité inférieure du squelette 5 de l'assemblage de combustible jusqu'à la dernière grille-entretoise 9b et des tronçons du faisceau de tubes-guides entre la grille-entretoise d'extrémité et une grille-entretoise voisine.

Lorsqu'on a réalisé le compactage de la dernière grille-entretoise 9b puis le découpage du dernier tronçon du faisceau de tubes-guides au-dessus de la dernière grille-entretoise, on replace le volet 13 dans sa première position telle que représentée sur la figure 4 et on actionne l'outil de levage 7 pour libérer l'embout supérieur 5b du squelette 5 qui tombe alors dans le réceptacle 14a de l'enceinte 12, comme représenté sur la figure 8.

Le réceptacle 14a renferme les embouts 5a et 5b et le réceptacle 14b, l'ensemble des grilles-entretoises à l'état compacté et l'ensemble des tronçons du faisceau de tubes-guides 8.

Il est possible d'effectuer le compactage et le découpage de plusieurs squelettes d'assemblages de combustible successivement, si les réceptacles 14a et 14b de l'enceinte 12 ont une capacité suffisante.

Après découpage et compactage d'un squelette, ou de plusieurs squelettes et remplissage des réceptacles 14a et 14b, on transporte les réceptacles, en utilisant un moyen de levage et de manutention, de la piscine du combustible usé vers une zone de conditionnement et on remet en place, dans la zone de compactage et de découpage, une enceinte 12 dont les réceptacles 14a et 14b sont vides, de manière à assurer le recueil de déchets compactés de nouveaux squelettes d'assemblages de combustible.

Dans la zone de conditionnement, comme il est visible sur la figure 9, on peut réaliser à l'aide d'un outil 20 de forme adaptée, le réarrangement des embouts 5a et 5b dans le réceptacle 14a de l'enceinte 12.

5 L'enceinte 12 peut être séparée du conduit de guidage 10, de manière à donner accès aux réceptacles 14a et 14b.

Le réarrangement des embouts 5a et 5b peut être également réalisé sur l'enceinte 12 au poste de compactage et de découpage.

10 On transporte les réceptacles 14a et 14b remplis de déchets, vers une zone de transfert dans laquelle les déchets sont déversés dans des conteneurs de stockage, les fonds des compartiments 14a et 14b pouvant comporter des trappes mobiles.

Les conteneurs de stockage peuvent être transportés vers une zone d'entreposage ou de stockage de longue durée.

15 A la fin d'une opération de compactage et de découpage d'un lot de squelettes, on peut effectuer la décontamination de l'ensemble des équipements utilisés.

20 Les principaux avantages du procédé et du dispositif suivant l'invention sont que les réceptacles et les squelettes d'assemblage de combustible peuvent être transportés en utilisant les outils de levage et de manutention de la piscine du combustible usé.

Les opérations de compactage et de découpage des squelettes d'assemblage de combustible sont réalisées dans de très bonnes conditions de sûreté radiologique, l'eau de la piscine assurant une protection biologique des opérateurs.

25 Les débris générés par le compactage et le découpage des squelettes d'assemblages de combustible irradiés sont confinés dans des enceintes et entraînés avec l'eau aspirée par le dispositif d'aspiration et de filtration.

30 Les différents éléments du dispositif de compactage et de découpage sont réalisés de manière à empêcher que des débris ne viennent se glisser et se coincer entre certaines parties mobiles des éléments

Le conduit d'introduction et de guidage, l'enceinte et les réceptacles sont réalisés de manière à pouvoir être démontés et nettoyés à distance sous eau. L'enceinte renfermant les réceptacles est conçue de manière à ne

présenter aucun recoin, de sorte qu'on puisse aspirer les débris qui pourraient tomber dans le fond de l'enceinte, au moyen d'un aspirateur d'entretien de piscine de type classique.

5 L'alimentation en énergie et la commande des différents éléments constituant le dispositif de compactage et de découpage sont réalisées en utilisant des fluides propres, tels que l'eau déminéralisée et de l'air comprimé. On ne risque donc pas d'introduire dans l'eau de la piscine des fluides polluants ou salissants.

10 L'invention s'applique à l'élimination sous forme compactée de tout squelette ou ossature d'assemblage de combustible d'un réacteur refroidi par de l'eau.

REVENDECATIONS

- 1.- Procédé d'élimination sous forme compactée d'un squelette irradié (5) d'un assemblage de combustible d'un réacteur nucléaire comportant un faisceau de tubes-guides (8) parallèles entre eux, une pluralité de grilles-entretoises (9, 9a, 9b) réparties et espacées suivant la longueur des tubes-guides (8) qui sont engagés et fixés à l'intérieur de cellules des grilles-entretoises (9, 9a, 9b) et un premier et un second embouts d'extrémité (5a, 5b) fixés aux extrémités des tubes-guides (8), respectivement à une certaine distance d'une première grille-entretoise (9a) et d'une dernière grille-entretoise (9b), suivant la direction longitudinale du squelette (5), l'élimination du squelette (5) étant réalisée sous eau, dans une piscine (1), caractérisé par le fait :
- qu'on suspend le squelette (5) par son second embout (5b) à un moyen (7) de déplacement à l'intérieur de la piscine (1),
 - qu'on prévoit, dans la piscine, un moyen de compactage et de découpage (4) du squelette (5),
 - qu'on introduit le squelette (5) dans le moyen de compactage et de découpage (4), par tronçons successifs dans la direction longitudinale, comportant au moins l'un des tronçons longitudinaux des tubes-guides (8) entre deux grilles-entretoises (9) ou entre un embout (5a, 5b) et une grille-entretoise (9), et d'une grille-entretoise (9),
 - qu'on compacte dans au moins deux directions perpendiculaires à la direction longitudinale du squelette (5), les tronçons de tubes-guides (8) et les grilles-entretoises (9) des tronçons successifs du squelette (5),
 - qu'on découpe les tronçons de tubes-guides (8), à l'état compacté, dans une zone adjacente à une grille-entretoise ou à un embout, successivement, de manière à séparer du squelette (5), au moins l'un d'un tronçon de tube-guide (8), d'une grille-entretoise (9), à l'état compacté, et d'un embout (5a, 5b) du squelette (5), et
 - qu'on recueille, dans un premier réceptacle (14a), les embouts d'extrémité (5a, 5b) et, dans un second réceptacle (14b), les tronçons de tubes-guides (8) et les grilles-entretoises (9) à l'état compacté.

2.- Procédé suivant la revendication 1, caractérisé par le fait :

- qu'on introduit une première partie d'extrémité du squelette (5) comportant le premier embout (5a), la première grille-entretoise (9a) et un premier tronçon du faisceau de tubes-guides (8) dans le moyen de compactage et de découpage,
- 5 - qu'on compacte par compression perpendiculairement à la direction longitudinale, la première grille-entretoise (9a) et le premier tronçon de tubes-guides (8),
 - qu'on découpe le premier tronçon de tubes-guides (8) dans une zone adjacente au premier embout (5a) de manière à détacher le premier
 - 10 embout (5a),
 - qu'on recueille le premier embout (5a) dans un premier réceptacle (14a),
 - qu'on déplace le squelette (5) dans la direction verticale de manière à découper un second tronçon de tubes-guides (8) dans une zone adjacente
 - 15 à la première grille-entretoise (9a) compactée,
 - qu'on découpe le second tronçon de tube dans la zone adjacente à la première grille-entretoise compactée (9a),
 - qu'on recueille la première grille-entretoise (9a) à l'état compacté dans un second réceptacle (14b),
 - 20 - qu'on déplace le squelette (5) dans la direction verticale et qu'on compacte le second tronçon de tubes-guides (8),
 - qu'on découpe le second tronçon de tubes-guides (8) dans une zone adjacente à une seconde grille-entretoise (9),
 - qu'on recueille les tubes-guides découpés dans le second réceptacle
 - 25 (14b),
 - qu'on réalise successivement le compactage d'une grille (9) à l'extrémité du squelette (5), le découpage d'un tronçon de tubes-guides (8) délimité par la grille d'extrémité (9), et la récupération de la grille d'extrémité (9) du squelette (5), à l'état compacté, dans le second réceptacle (14b),
 - 30 - qu'on réalise le compactage du tronçon de tubes-guides (8) délimité par la grille-entretoise d'extrémité (9) qui a été compactée et recueillie dans le réceptacle (14b) et une grille-entretoise voisine, et le découpage du tronçon de tubes qui a été compacté qui est recueilli dans le second réceptacle

(14b), successivement jusqu'à la dernière grille-entretoise (9b) qui est séparée de l'embout supérieur (5b) du squelette (5) par découpage du dernier tronçon de tubes-guides (8) à l'état compacté, et

5 - qu'on sépare le second embout (5b) du moyen de déplacement (7) du squelette (5) et qu'on recueille le second embout (5b) du squelette (5) dans le premier réceptacle (14a).

10 3.- Procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé par le fait qu'on transporte les embouts (5a, 5b) et les grilles-entretoises (9, 9a, 9b) et les tronçons de tubes-guides (8) dans un entreposage ou un stockage de longue durée de produits irradiés, soit à l'intérieur des réceptacles (14a, 14b), soit à l'intérieur de conteneurs de stockage dans lesquels sont déversés les déchets irradiés.

15 4.- Procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé par le fait qu'on aspire et qu'on filtre de l'eau de la piscine à proximité d'une zone de compactage et de découpage du squelette (5), de manière à récupérer des débris de compactage ou de découpage du squelette (5).

20 5.- Procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé par le fait qu'on commande les opérations de déplacement, de compactage et de découpage du squelette (5) depuis un poste de commande (6) disposé au-dessus du niveau de la piscine (1).

25 6.- Procédé suivant la revendication 5, caractérisé par le fait qu'on capte, à l'aide d'une caméra vidéo (16), et qu'on transmet au poste de commande (6) au-dessus du niveau supérieur de la piscine (1) au moins une image d'une zone du moyen de compactage et de découpage (4) du squelette (5).

30 7.- Dispositif d'élimination sous forme compacte d'un squelette irradié (5) d'un assemblage de combustible d'un réacteur nucléaire comportant un faisceau de tubes-guides (8) parallèles entre eux, une pluralité de grilles-entretoises (9) réparties et espacées suivant la longueur des tubes-guides (8) qui sont engagés et fixés à l'intérieur de cellules des grilles-entretoises (8) et deux embouts d'extrémité (5a, 5b) fixés aux extrémités des tubes-guides (8) à une certaine distance d'une première grille-entretoise (9a) et d'une dernière grille-entretoise (9b), suivant la direction longitudinale du

squelette (5), l'élimination du squelette étant réalisée sous eau, dans une piscine (1), caractérisé par le fait qu'il comporte un dispositif de compactage et de découpage (4) disposé sous eau dans la piscine (1) comportant un conduit (10) d'introduction et de guidage du squelette (5) disposé dans une direction verticale, une unité (11) de compactage et de découpage disposée transversalement dans le conduit d'introduction et de guidage (10), une en-

5 ceinte (12) de récupération d'éléments compactés et découpés du squelette (5),

et un moyen (7) de déplacement du squelette (5) dans la piscine (1), pour

10 l'introduction de tronçons successifs du squelette (5) dans le conduit d'introduction et de guidage (10) du dispositif de compactage et de découpage (4).

8.- Dispositif selon la revendication 7, caractérisé par le fait que l'unité de compactage et de découpage (11) comporte une presse hydraulique ou pneumatique de déplacement de mors (17a, 17b, 17c, 17d) de serrage et

15 d'écrasement, dans des directions transversales du conduit d'introduction et de guidage (10), entre une position d'ouverture et une position d'écrasement et de deux lames de cisaille (19a, 19b), entre une position d'ouverture et une position fermée de découpage.

9.- Dispositif suivant la revendication 8, caractérisé par le fait que l'enceinte (12) de récupération d'éléments découpés irradiés du squelette (5) comporte un premier réceptacle (14a) et un second réceptacle (14b), ainsi qu'un moyen (13) pour diriger chacun des éléments irradiés découpés par l'unité de compactage et de découpage (11), du squelette (5) vers l'un du premier et du second réceptacles (14a, 14b).

20 25

10.- Dispositif suivant l'une quelconque des revendications 7 à 9, caractérisé par le fait qu'il comporte un dispositif (15) d'aspiration et de filtration d'eau de la piscine communiquant avec une zone du conduit d'introduction et de guidage (10) située en-dessous de l'unité (11) de compactage et de découpage.

25 30

11.- Dispositif suivant l'une quelconque des revendications 7 à 10, caractérisé par le fait qu'il comporte une caméra (16) de visualisation d'une zone du dispositif de compactage et de découpage (4) reliée par un câble

vidéo à un poste (6) de commande des opérations d'élimination de squelettes (5) d'assemblages de combustible.

- 5 12.- Dispositif suivant l'une quelconque des revendications 7 à 11, caractérisé par le fait qu'il comporte des moyens d'alimentation de l'unité (11) de compactage et de découpage en un liquide sous pression tel que de l'eau déminéralisée ou en air comprimé, pour transmettre l'énergie assurant le compactage et le découpage à l'unité de compactage et de découpage (11).

FIG.3

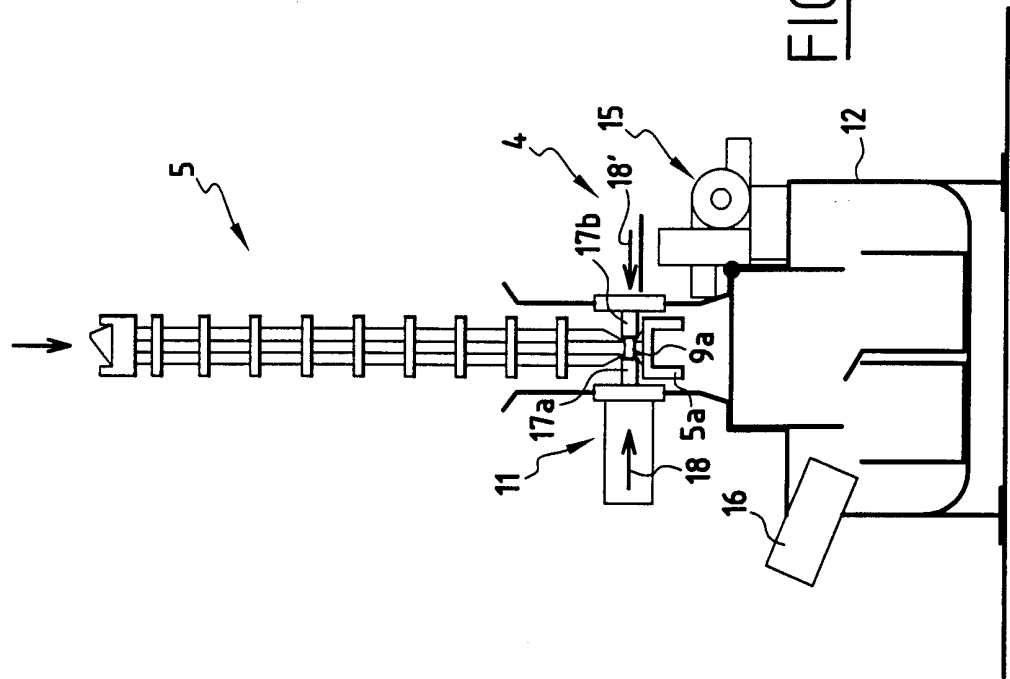
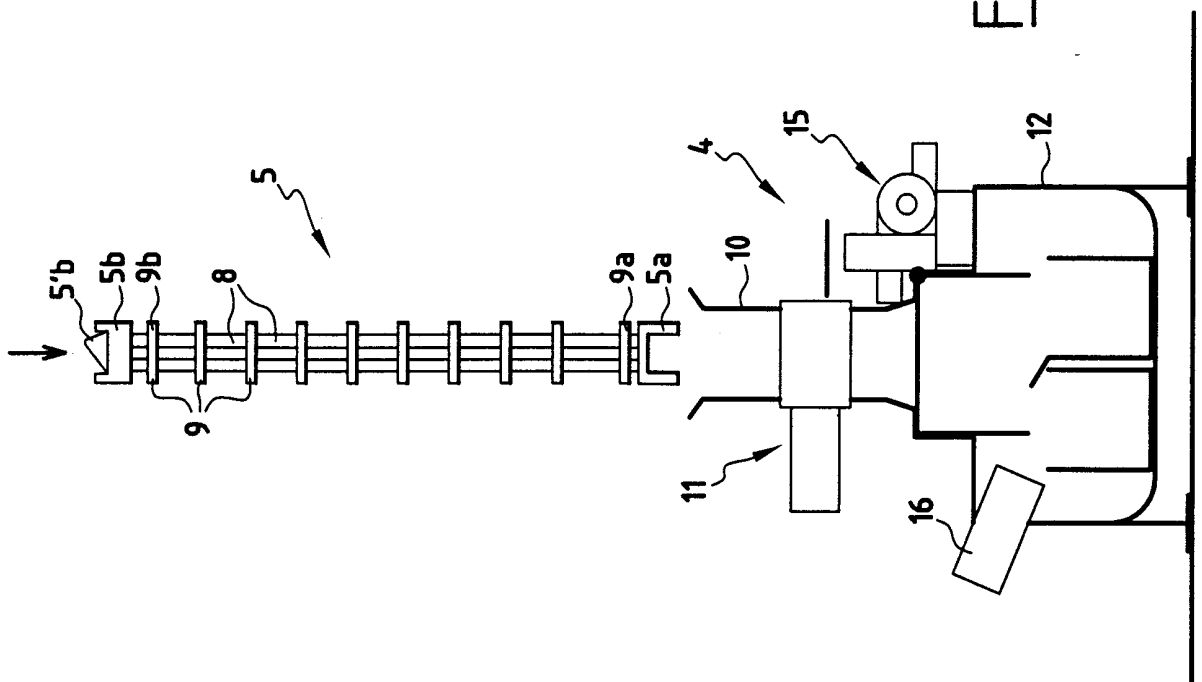
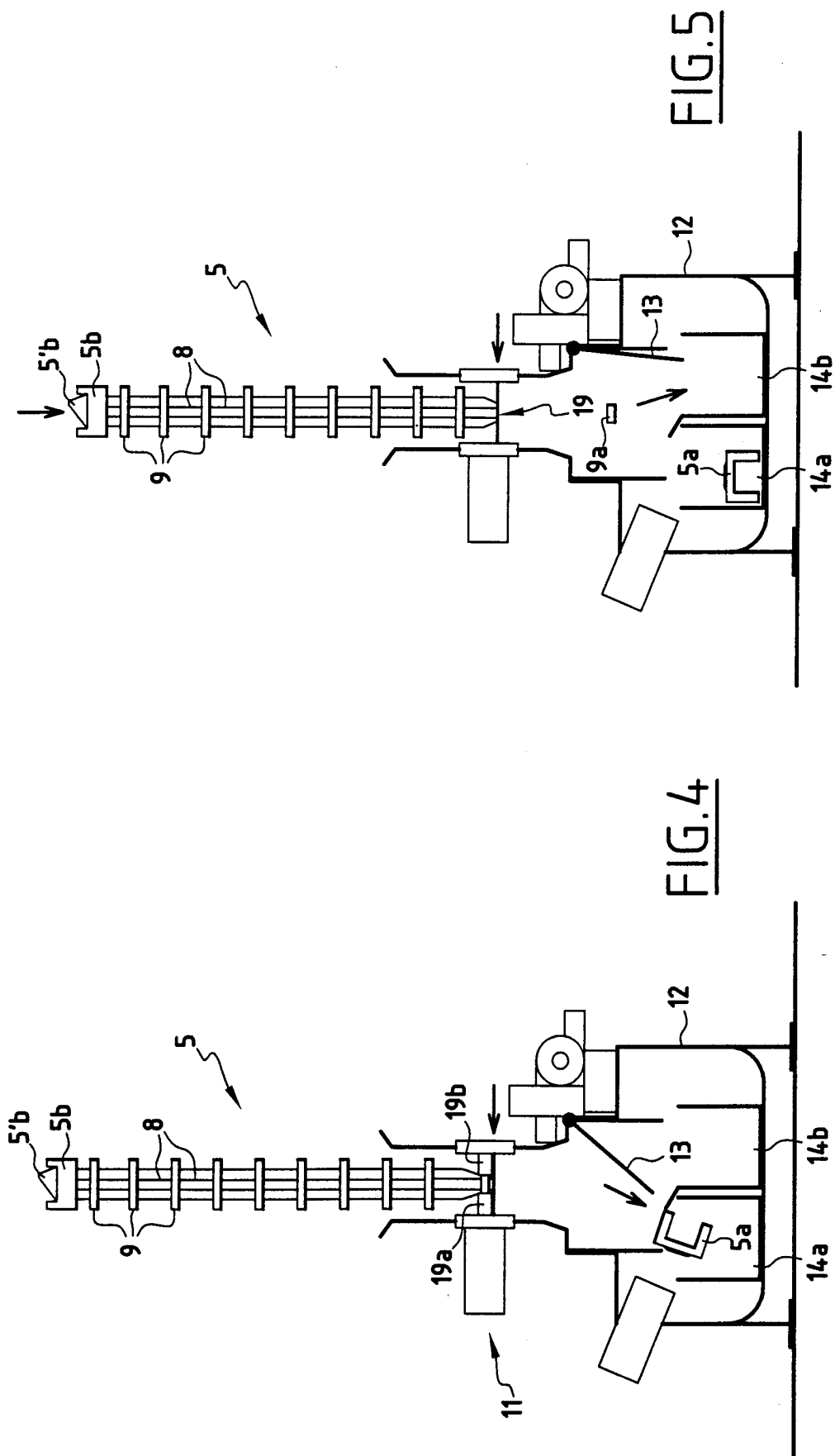
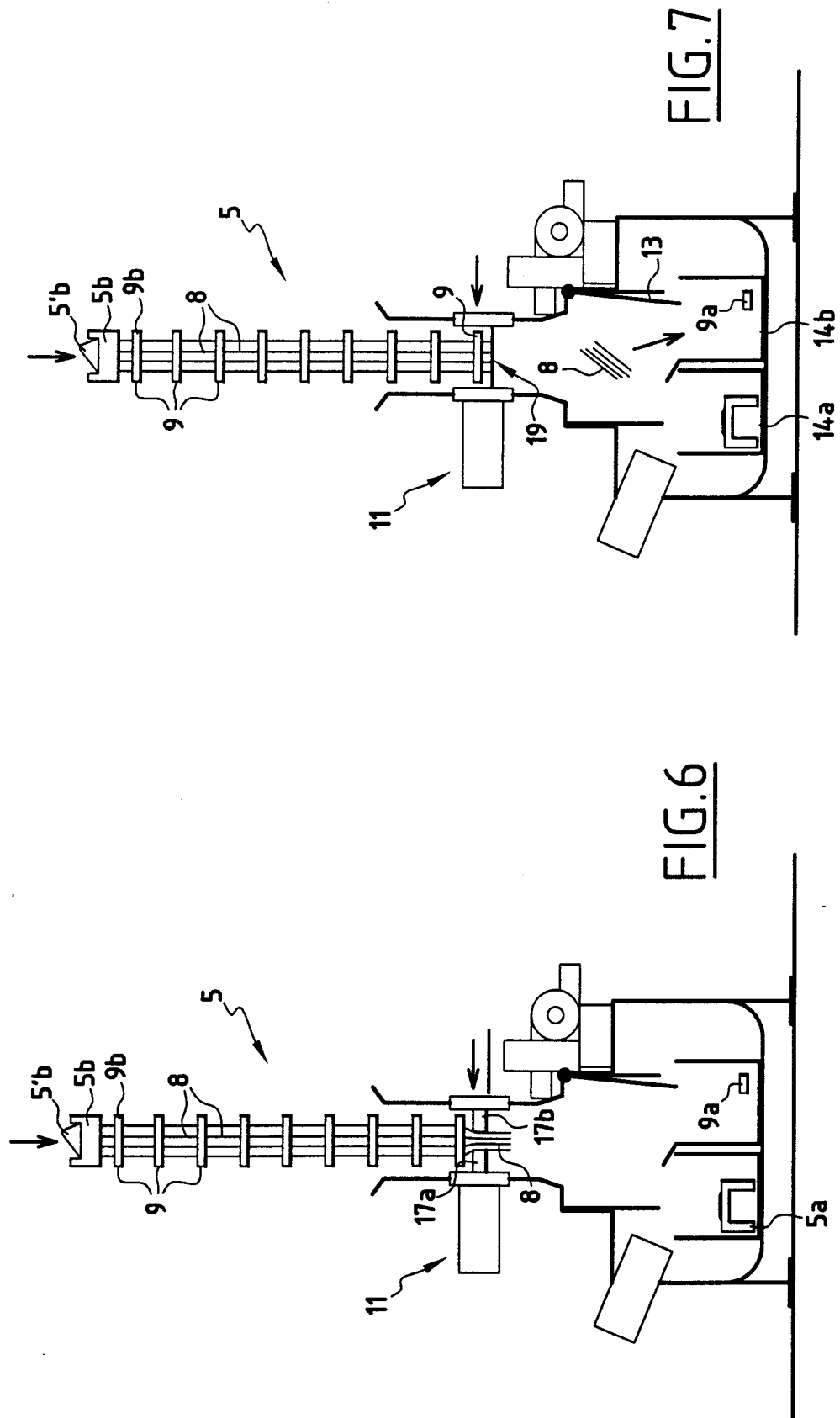


FIG.2







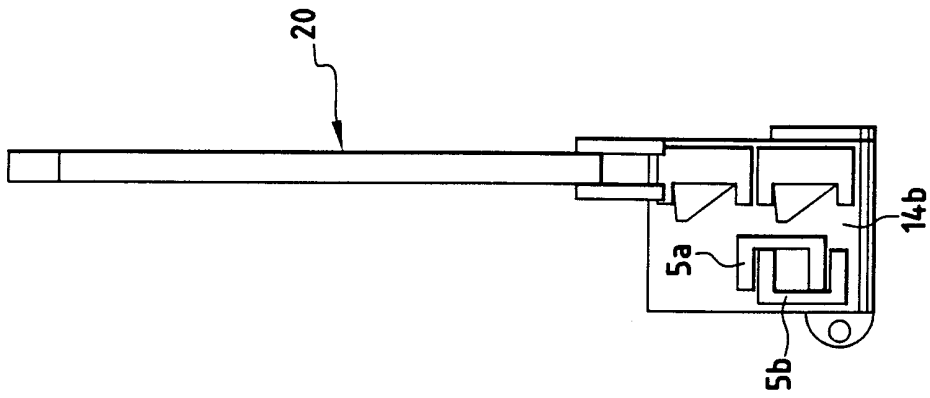


FIG. 9

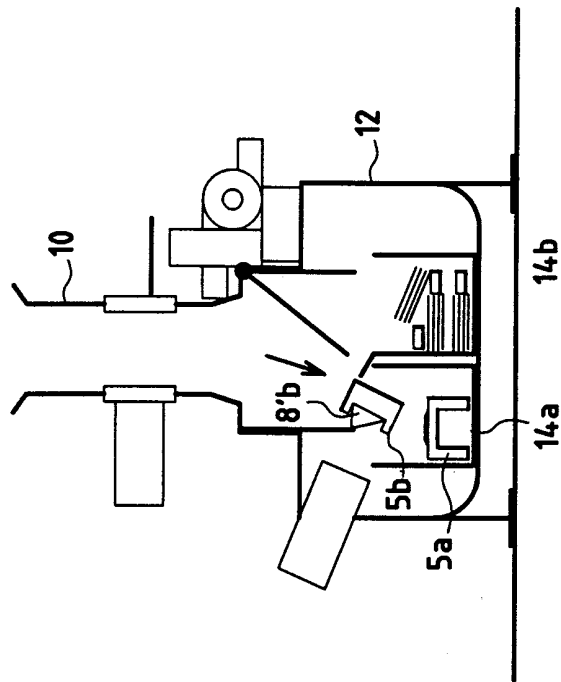
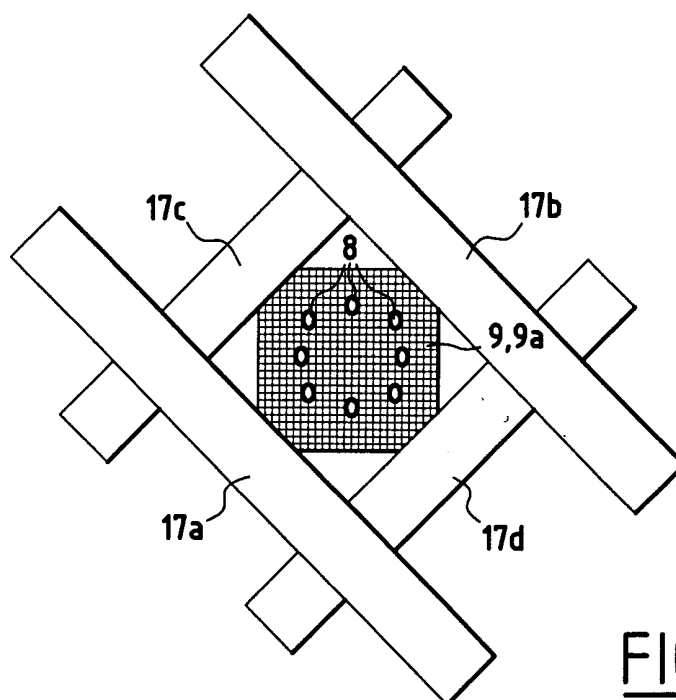
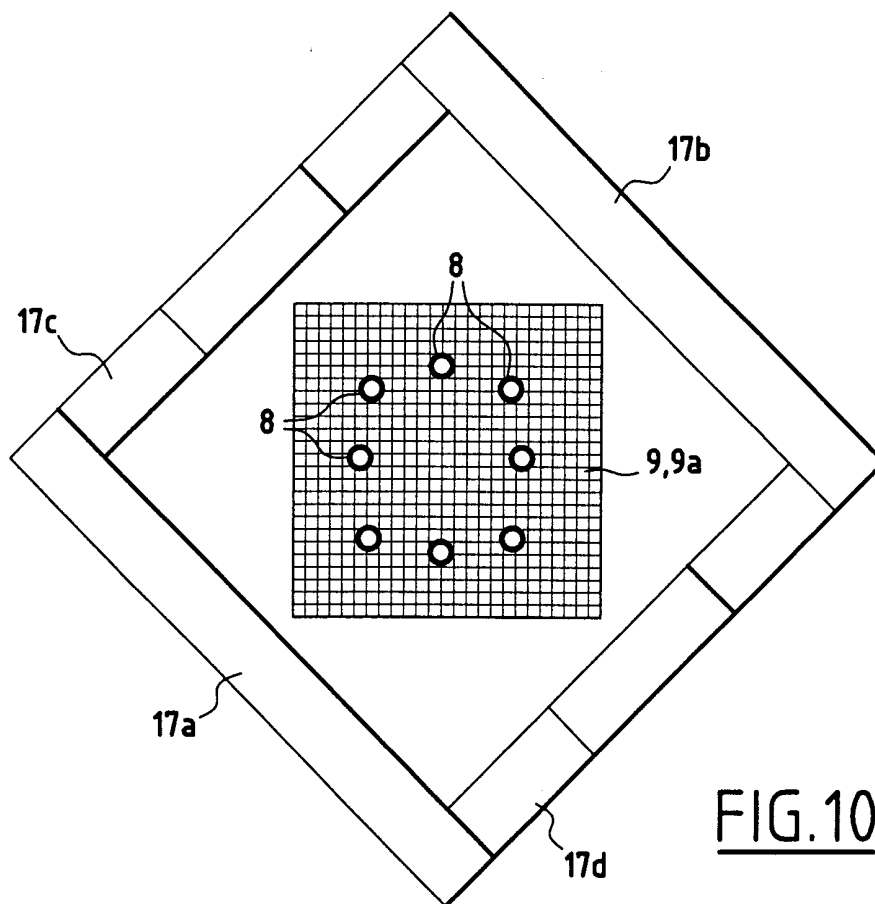


FIG. 8

24



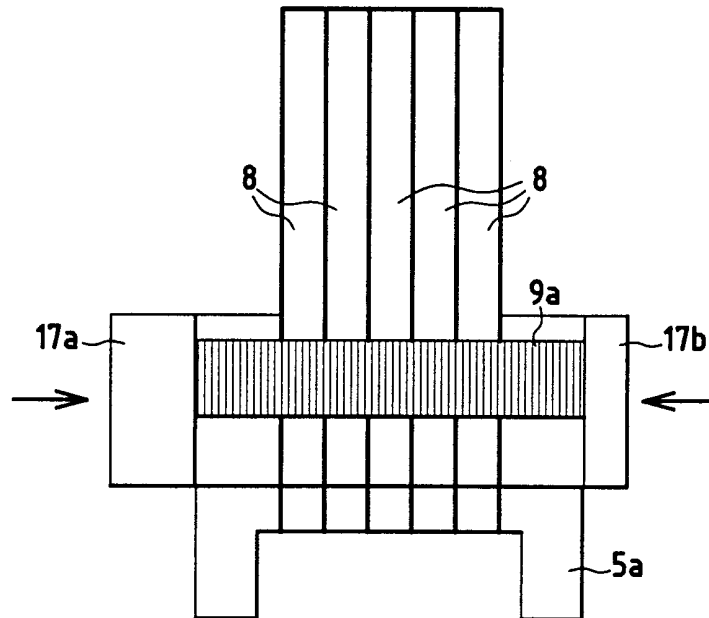


FIG. 12

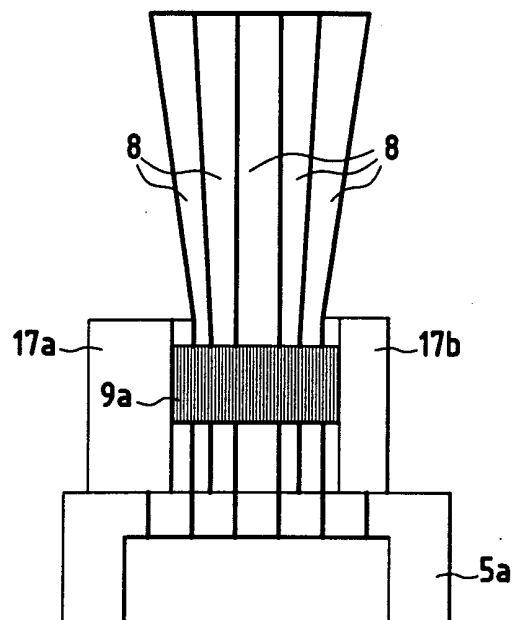


FIG. 13

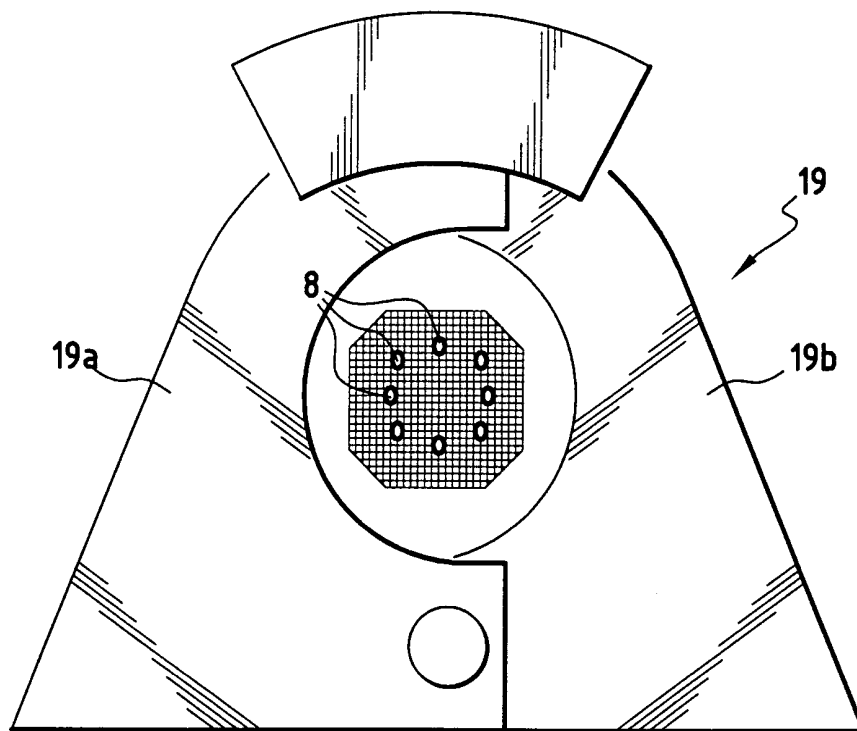


FIG. 14

ABREGE

Procédé et dispositif d'élimination, sous forme compacte,
d'un squelette irradié d'un assemblage de combustible

5 d'un réacteur nucléaire

10

On suspend le squelette (5) de l'assemblage de combustible par son embout supérieur (5b) à un moyen de déplacement (7) à l'intérieur d'une piscine (1), on introduit le squelette (5) d'assemblage de combustible dans
15 un moyen de compactage et de découpage (11) par tronçons successifs dans la direction longitudinale verticale. On compacte dans au moins deux directions transversales perpendiculaires à la direction longitudinale, les grilles-entretoises (9) et les tronçons du faisceau de tubes-guides (8) entre les grilles-entretoises (9) du squelette (5), successivement. On découpe les
20 tronçons de tubes-guides (8) à l'état compacté dans une zone adjacente aux grilles-entretoises successives (9) et aux embouts (5a, 5b), de manière à séparer du squelette, un tronçon du faisceau de tubes-guides (8), une grille-entretoise (9) à l'état compacté ou un embout d'extrémité (5a, 5b). On re-
25 cueille, dans un premier réceptacle (14a), les embouts d'extrémités (5a, 5b) et, dans un second réceptacle (14b), les tronçons du faisceau de tubes-guides (8) et les grilles-entretoises (9) à l'état compacté.

Figure 1.



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 604610
FR 0107692

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	EP 0 089 824 A (WESTINGHOUSE ELECTRIC CORP) 28 septembre 1983 (1983-09-28) * page 5, ligne 11 - page 9, ligne 7; figures 1-11 *	1-12	G21C19/33
A	EP 0 500 404 A (FRAMATOME SA) 26 août 1992 (1992-08-26) * page 3, ligne 30 - page 8, ligne 53; figures 1,2 *	1-12	
A	EP 0 094 882 A (COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE ATOMIQUE) 23 novembre 1983 (1983-11-23) * page 4, ligne 13 - page 10, ligne 15; figures 1,2 *	1-12	
A	US 4 186 657 A (METZ CURTIS F III ET AL) 5 février 1980 (1980-02-05) * colonne 2, ligne 18 - colonne 3, ligne 21; figures 1,2 *	1-12	
D,A	EP 0 113 448 A (WESTINGHOUSE ELECTRIC CORP) 18 juillet 1984 (1984-07-18) * le document en entier *	1-12	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.CL.7) G21C
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
14 février 2002		Deroubaix, P	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS 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 bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0107692 FA 604610

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 14-02-2002

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 0089824	A	28-09-1983	US 4511499 A	16-04-1985
			BE 896192 A1	19-09-1983
			CA 1193767 A1	17-09-1985
			DE 3367691 D1	02-01-1987
			EP 0089824 A1	28-09-1983
			ES 520731 D0	16-08-1985
			ES 8507282 A1	01-12-1985
			FR 2523755 A1	23-09-1983
			JP 58172593 A	11-10-1983
EP 0500404	A	26-08-1992	FR 2673033 A1	21-08-1992
			CS 9200476 A3	16-09-1992
			EP 0500404 A1	26-08-1992
			HU 61851 A2	01-03-1993
			US 5263062 A	16-11-1993
EP 0094882	A	23-11-1983	FR 2527373 A1	25-11-1983
			DE 3366221 D1	23-10-1986
			EP 0094882 A1	23-11-1983
			JP 58213299 A	12-12-1983
			US 4588524 A	13-05-1986
US 4186657	A	05-02-1980	AUCUN	
EP 0113448	A	18-07-1984	US 4537711 A	27-08-1985
			BE 898606 A1	04-07-1984
			CA 1210533 A1	26-08-1986
			DE 3365020 D1	04-09-1986
			EP 0113448 A1	18-07-1984
			ES 528650 D0	16-08-1985
			ES 8507283 A1	01-12-1985
			FR 2538939 A1	06-07-1984
			JP 1678535 C	13-07-1992
			JP 3044280 B	05-07-1991
			JP 59155792 A	04-09-1984
			KR 9104785 B1	13-07-1991