

A1

**DEMANDE  
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

**N° 80 10781**

(54) Ratelier de stockage à haute densité au béton borique neutrophage pour combustibles nucléaires neufs ou irradiés.

(51) Classification internationale (Int. Cl.<sup>3</sup>). G 21 C 19/40.

(22) Date de dépôt..... 12 mai 1980.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 46 du 13-11-1981.

(71) Déposant : SOCIETE CELLIER SA et SUEUR Serge, résidant en France.

(72) Invention de : Serge Sueur.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Ets Cellier SA,  
rue du Maroc, boîte postale n° 177, 73104 Aix-les-Bains Cedex.

La présente invention a pour objet un ratelier de stockage au béton au bore neutrophage destiné au stockage à haute densité des combustibles nucléaires neufs ou irradiés lorsque la proximité de ces combustibles crée des densités susceptibles de provoquer la  
5 criticité.

L'objet de l'invention se rattache au secteur technique nucléaire référence G 21g ; conversion des éléments chimiques, production de neutrons, modérateurs de neutrons.

L'augmentation croissante de l'exploitation de l'énergie  
10 atomique nécessite une progression très importante des emplacements de stockage des assemblages de combustibles, soit à l'état neuf avant exploitation, soit à l'état irradié après fonctionnement dans le coeur du réacteur.

En conséquence, il apparaît de plus en plus nécessaire de  
15 stocker le maximum d'assemblages dans l'espace le plus restreint possible.

Mais une densité accrue de ces combustibles ayant été sou-  
mis à une très forte irradiation, provoque un risque de criticité.

D'autre part, les produits neutrophages usuellement employés  
20 tels les aciers inoxydables ou l'eau boriquée sont saturés avec des teneurs en bore trop faibles pour garantir avec certitude une capture neutronique suffisante capable de supprimer tout risque de criticité.

C'est pour obvier à ces inconvénients qu'il est apparu né-  
25 cessaire de créer un ratelier de stockage dont les alvéoles de guidage constituées de tôles en acier inoxydable austénitique, soient noyées dans une masse de béton boriqué, à haute teneur en bore neutrophage pouvant atteindre, voire dépasser une teneur de 9 % de bore.

Suivant l'invention, ce ratelier est caractérisé par le fait  
30 qu'il est constitué d'acier inoxydable austénitique à bas carbone, non sujet à la corrosion intergranulaire et résistant à une irradiation de  $10^{11}$  rad ; cet acier inoxydable servant d'enveloppe et de coffrage au béton boriqué.

L'enveloppe inoxydable est constituée de tubes carrés ou  
35 circulaires de section carrée ou circulaire et de hauteur adéquates pour permettre l'introduction sans risque de détérioration des assemblages du combustible ou des outillages contaminés. Ces tubes dénommés alvéoles sont reliés à une semelle inférieure et à une  
40 semelle supérieure d'épaisseurs suffisantes pour le maintien en charge statique ou sous un choc éventuel.

Le béton boriqué, obtenu après mélange de minerai adéquat à base de bore, colémanite, boronotrocalcite, pandermite, etc...  
45 avec préférence pour des minerais riches en teneur de bore  $^{10}\text{B}$ , à haute capture neutronique, est coulé entre les semelles inférieure et supérieure et entre les alvéoles.

Suivant une autre caractéristique de l'invention, une enve-  
loppe périphérique constituée de tôles en acier inoxydable austé-  
nitique et soudée sur chaque semelle, peut avantageusement constituer  
50 un coffrage naturel lors du coulage du béton neutrophage, tout en participant à la résistance mécanique de l'ensemble.

Suivant une autre caractéristique de l'invention, la semelle supérieure est percée de trous d'évent et de trous de remplissage du béton. Ces trous de remplissage sont suffisamment dimensionnés pour permettre le passage de câble vibrant destiné à compacter le  
5 béton en cours de séchage.

Les trous d'évent sont destinés à permettre l'évacuation des gaz formés éventuellement lors des réactions chimiques entre eau boriquée et béton boriqué.

10 La semelle inférieure est percée de trous de convection placés dans la section des alvéoles, mais en dehors des surfaces d'appui des assemblages.

La semelle inférieure est également percée d'un ou plusieurs trous destinés à l'évacuation des eaux excédentaires lors de la prise du béton. Ces trous peuvent être retouchés par soudage après  
15 la prise complète du béton.

Suivant une réalisation, en variante, le trou ou les trous d'évacuation peuvent être réalisés à la base de l'enveloppe de coffrage, puis rebouchés ultérieurement, si nécessaire.

On note également, que suivant une autre caractéristique de  
20 l'invention, des tubes rejoignant chaque semelle et ouverts à la partie supérieure permettent l'introduction entre les alvéoles d'instruments de mesure d'irradiation ou de canules contenant des échantillons de béton, éventuellement prélevés sur la même coulée, et permettant ainsi l'analyse de la tenue sous irradiation du béton  
25 boriqué au cours des périodes de désactivation des combustibles.

Ces tubes peuvent être prélevés grâce à un crochet interne et une perche même en présence d'eau boriquée et de combustibles irradiés.

Suivant une autre caractéristique de l'invention, des réseaux  
30 de tubes fins peuvent couvrir verticalement, horizontalement ou en serpentins, la masse de béton, afin de permettre un refroidissement forcé du ratelier, soumis à une élévation de température provoquée par l'introduction d'un ou plusieurs assemblages extraits du coeur de réacteur ou suite à un incident affectant le volume d'eau usuel  
35 ou le débit usuel de fluide caloporteur.

On note de même que suivant une autre caractéristique de l'invention, le ratelier repose sur le sol, par l'intermédiaire de cales en acier inoxydable austénitique vissées sur la semelle inférieure et ajustées à la configuration du sol. Ces cales forment sous le  
40 ratelier un réseau directionnel préférentiel au fluide caloporteur ou à l'eau boriquée des piscines de désactivation. Ce réseau préférentiel favorise les courants de convection naturelle provoqués par la dilatation du fluide situé entre les alvéoles et les assemblages et mû ainsi en ascension verticale par effet de cheminée, dû à la  
45 configuration du tube alvéolé.

Suivant une réalisation en variante, des tubes parallèles aux cales de sol permettent une convection séparée vers les alvéoles situées au coeur du ratelier et pouvant être éventuellement insuffisamment refroidies par convection naturelle, en raison des pertes  
50 de charge provoquées par les courant d'appel des alvéoles précédentes.

Afin d'augmenter le flux passant par ces tubes de dérivation, des écrans métalliques perpendiculaires aux cales isolent les bases de convection des alvéoles centrales.

En variante, une caractéristique de l'invention prévoit la possibilité de prolonger les tubes de dérivation le long de l'enveloppe de coffrage jusqu'au niveau de la semelle supérieure ; ces tubes pouvant être évasés en entonnoir, afin de recevoir un apport de fluide en convection forcée.

Une autre caractéristique de l'invention consiste à renforcer la structure métallique sous la semelle inférieure en certains points afin de permettre la réalisation de pièces de liaison des rateliers entre eux et les systèmes de levage propres à chaque ratelier.

Une autre caractéristique de l'invention consiste à employer pour la semelle supérieure une tôle en acier inoxydable à bord, afin de supprimer les risques de criticité en cas de chute de combustible sur les rateliers.

Ces caractéristiques et d'autres encore ressortiront de la suite de la description.

Pour fixer l'objet de l'invention, sans toutefois limiter dans les dessins annexés :

- la figure 1 illustre une coupe verticale d'un ratelier.
- la figure 2 illustre une vue de dessus d'un ratelier.
- le détail 3 montre la fixation des cales.
- le détail 4 montre les trous d'évent et de remplissage du béton.
- le détail 5 illustre la variante avec convection forcée des alvéoles centrales du ratelier.
- le détail 6 définit un type parmi d'autres de crochet non saillant de levage.
- la perspective 7 illustre une liaison des rateliers entre-eux.
- la coupe partielle repère 8 illustre un emplacement d'instrumentation ou de canule de béton boriqué témoin.
- la vue 9 présente un mode de refroidissement du béton à coeur par serpentín de refroidissement.

Les avantages propres à l'invention ressortent bien de la description.

L'invention ne se limite aucunement à celui de ses modes d'application non plus qu'à ceux des modes de réalisation de diverses parties ayant plus spécialement été indiqués ; elle en embrasse au contraire toutes les variantes.

---

REVENDEICATIONS

- 5     - 1 - Ratelier de stockage du combustible nucléaire caractérisé par le fait qu'il est constitué d'alvéoles de stockage liées par deux semelles et noyées dans un béton spécial neutrophage composé d'une forte teneur de bore ou de minerai de bore dont le haut pouvoir de capture neutronique permet une forte densité de stockage sans risque de criticité.
- 10    - 2 - Ratelier suivant revendication 1, caractérisé par le fait qu'une enveloppe métallique en acier inoxydable austénitique soudée sur les semelles permet de constituer le coffrage du béton neutrophage, tout en participant à la rigidité du ratelier.
- 15    - 3 - Ratelier suivant revendication 1, caractérisé par le fait que des réseaux de tubes ou de serpentins noyés dans la masse de béton permettent un refroidissement à coeur de la masse de béton boriqué.
- 20    - 4 - Ratelier suivant revendication 1, caractérisé par le fait que la semelle supérieure possède des trous de remplissage du béton neutrophage de dimension suffisante pour permettre le passage de vibreurs assurant la compacité du béton.
- 25    - 5 - Ratelier suivant revendication 1, caractérisé par le fait que la semelle supérieure peut être percée de trous d'évents destinés à permettre la diffusion des gaz susceptibles de se former lors de réactions chimiques sous irradiation.
- 30    - 6 - Ratelier suivant revendication 1, caractérisé par le fait que la semelle inférieure est munie de trous d'évacuation des laitances excédentaires lors de la prise du béton boriqué neutrophage : trous pouvant être ultérieurement rebouchés.
- 35    - 7 - Ratelier suivant revendications 1 & 6 prises ensemble, caractérisé par le fait que les trous d'évacuation des laitances excédentaires de béton peuvent être situées en base de l'enveloppe de coffrage.
- 40    - 8 - Ratelier suivant revendication 1, caractérisé par le fait que des tubes traversant ouverts côté semelle supérieure permettent l'introduction d'instrumentation ou de canules contenant du béton neutrophage témoin, pour analyse de la tenue sous irradiation et vieillissement.
- 45    - 9 - Ratelier suivant revendication 1, caractérisé par le fait que le ratelier repose sur le sol par l'intermédiaire de cales d'ap. puis ajustées à la configuration du sol et formant un réseau de convection naturelle vers les trous de convection percés dans la semelle inférieure au droit des emplacements de combustibles.
- 50    - 10 - Ratelier suivant revendications 1 & 9 prises ensemble, caractérisé par le fait que des tubes de dérivation permettent d'améliorer la convection des alvéoles placées au centre du ratelier.
- 55    - 11 - Ratelier suivant revendications 1, 9 et 10 prises ensemble caractérisé par le fait que des écrans permettent d'isoler les dérives de convection des alvéoles centrales des courants de convection périphériques.
- 60    - 12 - Ratelier suivant revendications 1, 9 & 10 prises ensemble, caractérisé par le fait que les tubes de dérivation de convection peuvent être prolongés le long de l'enveloppe de coffrage jusqu'à la semelle supérieure et se terminer sous forme d'entonnoir afin de permettre une convection forcée.

- 13 - Ratelier suivant revendication 1, caractérisé par le fait que des rapport solidaires de la semelle inférieure peuvent supporter des pièces de liaison des rateliers entre-eux.

5 - 14 - Ratelier suivant revendication 1, caractérisé par le fait que la semelle supérieure peut être constituée totalement ou partiellement d'acier inoxydable au bore, afin d'éviter les risques de criticité en cas de chute de combustible sur le ratelier.

-----

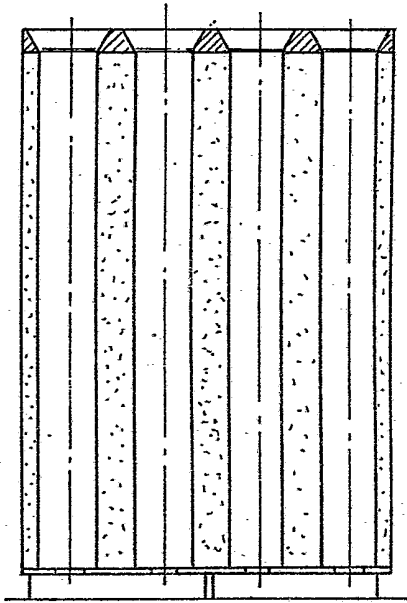


FIG 1

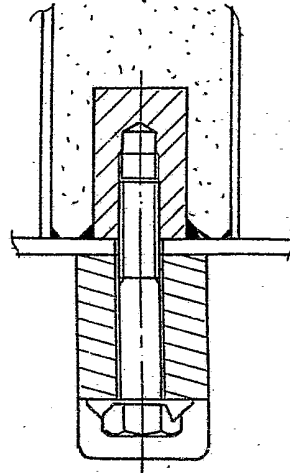


FIG 3

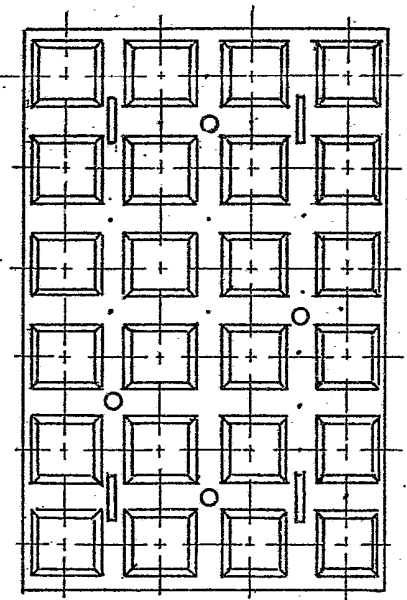


FIG 2

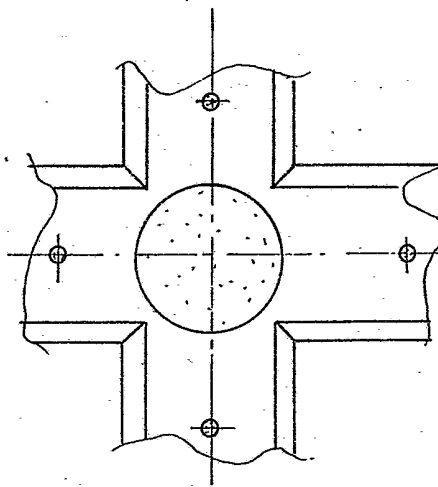


FIG 4

PL 2/3

2482354

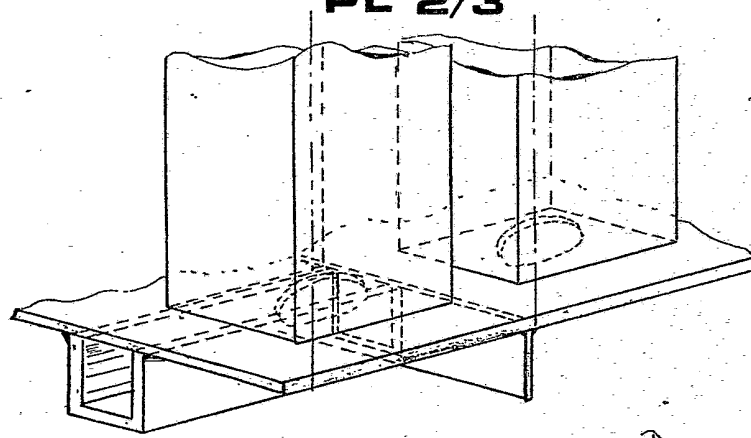


FIG 5

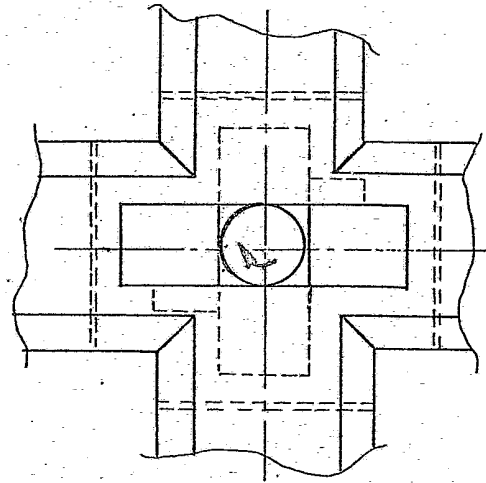


FIG 6

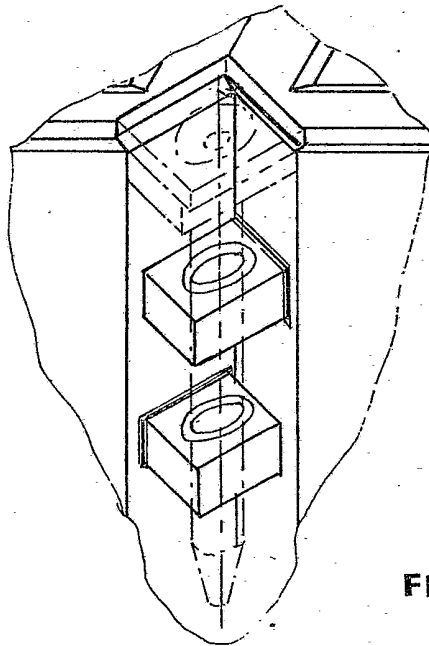


FIG 7



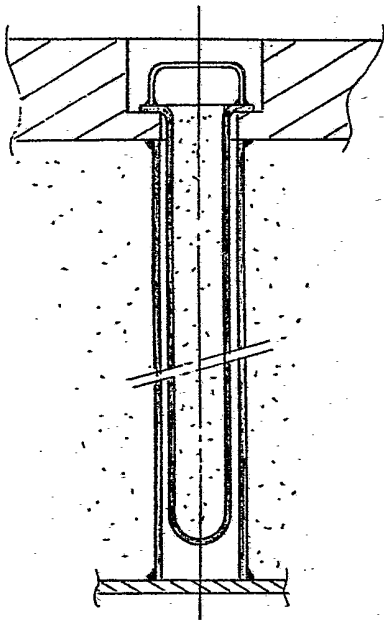


FIG 8

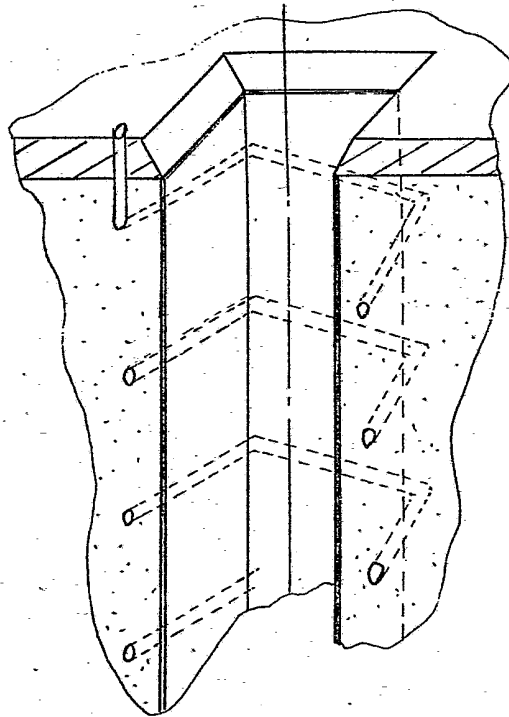


FIG 9