

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 12.07.23.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 17.01.25 Bulletin 25/03.

56 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : mU Concept SOCIETE PAR
ACTIONS SIMPLIFIEE — FR.

72 Inventeur(s) : MARTIN François, MOUROUX Jean-
Pierre, OURY Jean-Marc et TUSCHER Jean-Luc.

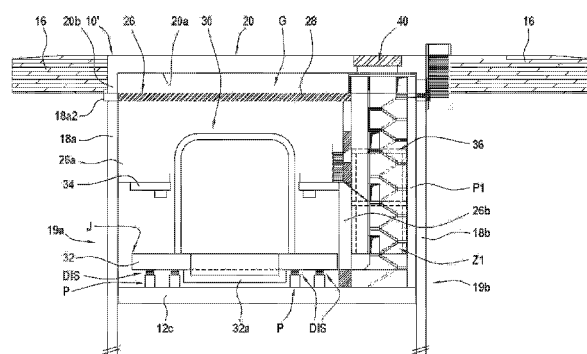
73 Titulaire(s) : mU Concept SOCIETE PAR ACTIONS
SIMPLIFIEE.

74 Mandataire(s) : CABINET BEAU DE LOMENIE.

54 INSTALLATION NUCLEAIRE ENTERREE A ARCHITECTURE AMELIOREE.

57 Installation nucléaire enterrée (10), comprenant:
-un puits vertical (12) comportant, à une extrémité inférieure, un fond (12a) et, à une extrémité supérieure, une ouverture (12b),
-au moins un bâtiment réacteur (26) logé dans le puits,
-au moins une dalle de protection (20) contre les agressions externes qui obture l'ouverture (12b) du puits en s'étendant notamment au-dessus dudit au moins un bâtiment réacteur,
-au moins une enceinte de réacteur nucléaire (30) renfermée à l'intérieur dudit au moins un bâtiment réacteur (26) et supportée par au moins une dalle support (32) reposant sur le fond du puits par l'intermédiaire d'une pluralité de dispositifs d'isolation sismique (DIS),
-et/ou au moins une piscine d'entreposage de combustible nucléaire (PECN) logée dans le puits et supportée par au moins une dalle support (DS) reposant sur le fond du puits par l'intermédiaire d'une pluralité de dispositifs d'isolation sismique (DIS').

Figure pour l'abrégé : Fig. 3.



Description

Titre de l'invention : INSTALLATION NUCLEAIRE ENTERREE A ARCHITECTURE AMELIOREE

Domaine technique

[0001] La présente invention se rapporte au domaine des installations nucléaires enterrées.

Technique antérieure

[0002] On connaît, notamment du document WO 2018/204081, une installation nucléaire pouvant être enterrée dans laquelle une enceinte de confinement de réacteur nucléaire à eau bouillante est logée dans un silo aménagé dans le sol et repose sur le fond du silo. Le silo est fermé à sa partie supérieure par un couvercle en béton pour protéger le réacteur nucléaire contre des impacts et des explosions extérieures.

[0003] Dans une telle installation des vibrations qui sont générées au niveau du couvercle en béton par des agressions externes (ex : impacts d'avion, explosions ...) risquent d'être transmises au silo et donc à l'enceinte de confinement du réacteur nucléaire qui repose au fond de celui-ci.

[0004] Pour tenir compte de ce risque, l'enceinte et les composants internes à cette dernière (cœur de réacteur...) doivent être dimensionnés en conséquence, ce qui accroît la complexité et les coûts de conception et d'industrialisation d'une telle installation.

[0005] Il existe donc un besoin de simplifier la conception d'une telle installation nucléaire enterrée.

Exposé de l'invention

[0006] L'invention a ainsi pour objet une installation nucléaire enterrée, comprenant :

- un puits vertical comportant, à une extrémité inférieure, un fond et, à une extrémité supérieure, une ouverture,
- au moins un bâtiment réacteur logé dans le puits,
- au moins une dalle de protection contre les agressions externes qui obture l'ouverture du puits en s'étendant notamment au-dessus dudit au moins un bâtiment réacteur,
- au moins une enceinte de réacteur nucléaire renfermée à l'intérieur dudit au moins un bâtiment réacteur et supportée par au moins une dalle support reposant sur le fond du puits par l'intermédiaire d'une pluralité de dispositifs d'isolation sismique,
- et/ou au moins une piscine d'entreposage de combustible nucléaire logée dans le puits et supportée par au moins une dalle support reposant sur le fond du puits par l'intermédiaire d'une pluralité de dispositifs d'isolation sismique.

[0007] L'enceinte de réacteur et/ou la piscine sont découplées, en termes de vibrations, du fond du puits grâce à la présence de la pluralité de dispositifs d'isolation sismique qui

isolent, du fond du puits, la dalle support supportant l'enceinte de réacteur et/ou la piscine et, donc, qui isolent cette ou ces dernières du fond du puits. Ainsi, grâce à cet agencement (architecture), des vibrations dans la dalle de protection seront transmises de manière fortement atténuée à l'enceinte de réacteur et/ou à la piscine. Les vibrations résiduelles atténuées transmises sont prises en compte dans le dimensionnement des composants internes à l'enceinte (cœur de réacteur...) et/ou à la piscine, diminuant ainsi de façon conséquente la complexité et les coûts de conception et de réalisation d'une telle installation. Ainsi, grâce aux dispositifs d'isolation sismique qui sont conçus de manière adaptée aux conditions de sismicité, les vibrations au niveau de la dalle sont filtrées au maximum et les vibrations résiduelles atténuées transmises n'endommagent donc pas l'enceinte de réacteur et/ou la piscine d'entreposage. On notera que les dispositifs d'isolation sismique répondent, par leur dimensionnement, aux charges qu'ils supportent.

[0008] Selon d'autres caractéristiques possibles :

- ledit au moins un bâtiment réacteur comprend un toit qui couvre ladite au moins une enceinte de réacteur nucléaire et/ou ladite au moins une piscine d'entreposage de combustible nucléaire, ladite au moins une dalle de protection s'étendant notamment au-dessus du toit et à distance de celui-ci de manière à ménager entre eux une galerie technique; la galerie technique est inscrite dans le diamètre du puits ; la galerie technique peut servir notamment à connecter entre elles, une partie basse de l'installation logée dans le puits (bâtiment réacteur) et une partie haute située sur ladite au moins une dalle de protection et sert notamment à connecter entre eux les réseaux préfabriqués de ces deux parties en permettant le passage de différentes liaisons (câbles, tuyauteries...) entre ces parties ;

- l'installation comprend une ou des parois verticales qui bordent l'intérieur du puits et ladite au moins une dalle de protection est en appui vertical :

- soit directement sur un remblai disposé en dehors du puits, à la périphérie extérieure dudit puits, un dispositif de soufflet étant agencé verticalement entre ladite au moins une dalle de protection et la ou les parois verticales bordant le puits (dans cette configuration ledit au moins un bâtiment réacteur de l'installation nucléaire enterrée n'est pas lié mécaniquement à la dalle de protection située au-dessus (indépendance mécanique), ce qui empêche totalement une transmission directe des vibrations de la dalle de protection au bâtiment réacteur par une liaison mécanique, comme c'est le cas dans l'art antérieur discuté ci-dessus),

- soit directement sur la ou les parois verticales bordant l'intérieur du puits,

- soit indirectement sur la ou les parois verticales bordant l'intérieur du puits par l'intermédiaire d'un dispositif de joint amortissant

- soit directement sur un ou plusieurs appuis disposés extérieurement relativement à la

ou aux parois verticales bordant l'intérieur du puits ;

- ledit au moins un bâtiment réacteur comprend une ou des parois verticales qui sont espacées horizontalement de la ou des parois (par exemple moulées) verticales bordant l'intérieur du puits ou qui sont accolées à la ou aux parois (par exemple moulées) verticales bordant l'intérieur du puits mais non liées mécaniquement à elles par un ou des dispositifs de liaison ;

- ledit au moins un bâtiment réacteur comprend au moins une dalle intermédiaire horizontale qui est solidaire de la ou des parois verticales dudit au moins un bâtiment réacteur et entoure radialement ladite au moins une enceinte de réacteur nucléaire, ladite au moins une dalle intermédiaire étant disposée à un niveau intermédiaire dudit au moins un bâtiment réacteur, au-dessus et à distance de ladite au moins une dalle support supportant ladite au moins une enceinte de réacteur nucléaire ;

- ladite au moins une dalle support supportant ladite au moins une enceinte de réacteur nucléaire est séparée de la ou des parois du bâtiment réacteur par un ou plusieurs joints d'isolation périphériques ou par un espace entre ladite au moins une dalle support et la ou les parois du bâtiment réacteur ;

- l'installation comprend un puits de manutention verticale qui donne accès à ladite au moins une dalle support du puits, à côté dudit au moins un bâtiment réacteur et de manière séparée de ce dernier ;

- ladite au moins une dalle de protection comporte une trémie qui est située dans une zone de la dalle située au-dessus du puits de manutention verticale ;

- ladite au moins une piscine d'entreposage de combustible nucléaire est disposée de manière adjacente audit au moins un bâtiment réacteur, et est, par exemple, disposée dans le puits de manutention verticale ou dans un autre espace adjacent audit au moins un bâtiment réacteur;

- la dalle de protection est formée d'une dalle ou de deux demi-dalles qui sont fixées l'une à l'autre ; l'utilisation de deux ou de plus de deux demi-dalles permet de réduire le poids de la charge à ripper depuis une zone de construction des demi-dalles située à proximité du puits jusqu'au puits et donc de dimensionner le système de déplacement des dalles en conséquence, ce qui simplifie la construction de l'installation et les opérations de ripage, ainsi que la consommation énergétique des opérations de ripage ; ceci est particulièrement avantageux lorsqu'un ou des équipements ou bâtiments sont construits sur les demi-dalles et donc augmentent le poids de la charge à ripper ;

- la dalle de protection est configurée pour pouvoir être retirée ultérieurement en cas de modification ou de démantèlement de l'installation ;

- les dispositifs d'isolation sismique comprennent chacun une ou plusieurs boîtes à ressorts ;

- les dispositifs d'isolation sismique sont répartis de la manière la plus uniforme

possible entre ladite au moins une dalle support et le fond du puits ;

- les dispositifs d'isolation sismique sont montés sur des massifs ou des plots en béton armé qui reposent sur le fond du puits ;

- les dispositifs d'isolation sismique d'une charge nominale minimale de 1,6 MN sont configurés pour amortir des ondes vibratoires verticales et/ou horizontales ;

- les dispositifs d'isolation sismique de la pluralité de dispositifs d'isolation sismique disposés sous ladite au moins une dalle support supportant ladite au moins une enceinte de réacteur nucléaire sont configurés en fonction des charges qui leur sont imposées et donc pour amortir les ondes vibratoires verticales et/ou horizontales de manière adaptée aux charges qu'ils supportent;

- le puits vertical a une forme générale rectangulaire ou circulaire suivant une vue prise dans un plan horizontal ;

- l'installation comprend un ou plusieurs équipements ou bâtiments disposés sur ladite au moins une dalle de protection (ces équipements ou bâtiments n'assurent pas directement des fonctions de sûreté nucléaire, contrairement à ceux disposés à l'intérieur du puits ou alors, s'ils les assurent, c'est par redondance avec les équipements disposés à l'intérieur du puits) ;

- le ou les équipements ou bâtiments disposés sur ladite au moins une dalle de protection sont configurés pour assurer des fonctions de support au fonctionnement du réacteur nucléaire et de l'ensemble de l'installation nucléaire ;

- le ou les équipements ou bâtiments disposés sur ladite au moins une dalle de protection comprennent au moins un des éléments suivants : une salle de conduite de l'installation nucléaire, un bâtiment assurant des fonctions de ventilation, un bâtiment assurant des fonctions de refroidissement, une salle contenant des armoires de contrôle et de commande pour des fonctions de support à l'exploitation et de production d'électricité, une salle d'instrumentation, une salle de distribution électrique des courants forts, une salle de distribution électrique des courants faibles et des batteries/onduleurs, une salle de vannes et d'échangeurs, une salle de moteurs diesel de premier secours.

Brève description des dessins

[0009] D'autres caractéristiques et avantages apparaîtront au cours de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple non limitatif et faite en référence aux dessins annexés, sur lesquels :

[0010] [Fig.1] La [Fig.1] est une vue schématique d'un exemple possible d'implantation d'une installation nucléaire enterrée selon un mode de réalisation possible de l'invention ;

[0011] [Fig.2A] La [Fig.2A] est une vue schématique partielle agrandie d'une zone de

l'installation nucléaire enterrée de la [Fig.1] située entre la dalle de protection et les parois bordant le puits, montrant un joint souple prévu entre ces deux éléments, selon un mode de réalisation possible de l'invention ;

[0012] [Fig.2B] La [Fig.2B] est une vue schématique partielle illustrant l'appui de la dalle de protection selon une variante de réalisation ;

[0013] [Fig.2C] La [Fig.2C] est une vue schématique partielle illustrant l'appui de la dalle de protection selon une autre variante de réalisation ;

[0014] [Fig.2D] La [Fig.2D] est une vue schématique partielle illustrant l'appui de la dalle de protection selon une autre variante de réalisation ;

[0015] [Fig.2E] La [Fig.2E] est une vue schématique partielle illustrant l'appui de la dalle de protection selon une autre variante de réalisation ;

[0016] [Fig.3] La [Fig.3] est une vue schématique agrandie, suivant une coupe verticale, d'une installation nucléaire enterrée selon un mode de réalisation possible de l'invention;

[0017] [Fig.3A] La [Fig.3A] est une vue schématique agrandie d'un exemple de dispositif d'isolation sismique pouvant être utilisé dans l'installation de la [Fig.3] ;

[0018] [Fig.4] La [Fig.4] est une vue de l'installation nucléaire enterrée de la [Fig.3] dans un plan de coupe vertical parallèle à celui de la [Fig.3] ;

[0019] [Fig.5] La [Fig.5] illustre, suivant une vue en coupe horizontale, un autre mode de réalisation possible d'une installation nucléaire enterrée ;

[0020] [Fig.6] La [Fig.6] illustre, suivant une vue en coupe verticale, l'installation nucléaire enterrée de la [Fig.5] ;

[0021] [Fig.6A] La [Fig.6A] est une vue schématique partielle en perspective de dessus de deux demi-dalles de protection contre les agressions externes écartées longitudinalement l'une de l'autre ;

[0022] [Fig.6B] La [Fig.6B] est une vue schématique partielle agrandie d'une zone de raccordement entre deux demi-dalles selon un exemple possible de réalisation ;

[0023] [Fig.6C] La [Fig.6C] est une vue schématique en perspective de dessus de deux demi-dalles réunies l'une à l'autre ;

[0024] [Fig.7] La [Fig.7] illustre, suivant une vue en coupe verticale, un autre mode de réalisation possible d'une installation nucléaire enterrée ;

[0025] [Fig.8] La [Fig.8] illustre, suivant une vue en coupe horizontale, un autre mode de réalisation possible d'une installation nucléaire enterrée ;

[0026] [Fig.9] La [Fig.9] illustre, suivant une vue en coupe horizontale, un autre mode de réalisation possible d'une installation nucléaire enterrée de forme circulaire ;

[0027] [Fig.10] La [Fig.10] illustre l'installation nucléaire enterrée de la [Fig.9], suivant une vue en coupe verticale A-A ;

[0028] [Fig.11] La [Fig.11] illustre, suivant une vue en coupe horizontale, la dalle de

protection de l'installation nucléaire enterrée de la [Fig.10];

[0029] [Fig.12] La [Fig.12] illustre, en vue de dessus, l'installation nucléaire enterrée de forme circulaire des figures 8 et 10 en cours de construction;

[0030] [Fig.13] La [Fig.13] illustre, suivant une vue en coupe verticale B-B, le ripage de la dalle de l'installation de la [Fig.12].

Description des modes de réalisation

[0031] L'invention qui est décrite ci-après en référence aux dessins annexés concerne différents modes de réalisation possibles d'une nouvelle architecture d'installation nucléaire enterrée.

[0032] Comme représenté de manière schématique à la [Fig.1], une installation nucléaire enterrée 10 comprend un puits vertical 12 creusé dans un sol 14 jusqu'à une profondeur prédéterminée, par exemple de l'ordre de 30-35 m en utilisant des techniques et équipements d'excavation conventionnels.

[0033] Ce puits 12 comprend, à une extrémité inférieure, un fond 12a, et, à une extrémité supérieure, une ouverture 12b de dimensions sensiblement égales à celles du fond. Dans ce mode de réalisation, la terre qui est retirée pour former le puits est, par exemple, utilisée pour former un ou plusieurs remblais 16 disposés autour de l'ouverture 12b du puits, formant ainsi une surélévation par rapport à la surface du sol 14. Cet agencement peut servir de barrière contre les inondations.

[0034] La hauteur ou profondeur du puits 12 est définie entre l'ouverture 12b et le fond 12a du puits et est choisie afin de pouvoir loger à l'intérieur du puits la totalité des éléments composant la partie enterrée de l'installation nucléaire 10 et qui seront décrits plus loin, en tenant compte de la hauteur du radier qui sera formé au fond du puits. Le puits 12 peut avoir une forme générale quelconque suivant une section horizontale (perpendiculaire au plan de la [Fig.1]) et, par exemple, peut adopter une section de forme générale rectangulaire, carrée, circulaire...

[0035] Dans le présent mode de réalisation, le puits a par exemple une section rectangulaire et plusieurs parois verticales, dont seules deux parois 18a, 18b sont représentées sur la [Fig.1] contre les parois intérieures 19a, 19b en terre du puits. Ces parois verticales 18a, 18b qui bordent l'espace utile intérieur du puits sont par exemple des parois moulées bien connues de l'homme de l'art (mur en béton armé coulé dans le sol). Ces parois sont généralement ancrées dans le sol par des tirants d'ancrage précontraints.

[0036] Ces parois ont pour fonction de reprendre la poussée des terres entourant le puits et d'assurer une étanchéité (barrière) de l'intérieur du puits vis-à-vis, en particulier, des eaux susceptibles de s'infiltrer dans les terres environnantes. Cette barrière d'étanchéité peut être complétée par une autre barrière comportant une membrane d'étanchéité. Selon la géométrie du puits, une seule paroi (puits à section circulaire) ou

plusieurs parois (puits à section carrée, rectangulaire...) verticales, par exemple moulées, peuvent être envisagées. Dans le puits à section rectangulaire, par exemple quatre parois sont prévues pour délimiter l'espace intérieur utile du puits.

[0037] Comme représenté à la [Fig.1], l'installation nucléaire enterrée 10 comprend au moins une dalle de protection 20 contre les agressions externes au puits, telles que des chutes d'objets (ex : avions) ou des explosions externes. Pour la simplification de l'exposé qui suit, ladite au moins une dalle de protection 20 est considérée ici comme étant une seule dalle de protection 20. Toutefois, tout ce qui concerne l'installation nucléaire enterrée objet de l'invention s'applique également à une dalle de protection qui est formée de plusieurs dalles, et par exemple de deux demi-dalles comme on le verra par la suite dans un autre mode de réalisation. Cette dalle de protection 20 est disposée au-dessus du puits 12 et s'étend horizontalement de manière à obturer complètement l'ouverture 12b du puits. La forme générale de la dalle 20 est adaptée à la forme de la section de l'ouverture 12b du puits et, dans le présent mode de réalisation, la forme générale de la dalle 20 est rectangulaire (toutefois, la forme générale est susceptible d'adopter d'autres formes en fonction de la forme de l'ouverture du puits et, par exemple, une forme circulaire). La dalle de protection 20 est généralement en béton armé. Alternativement, la dalle peut être construite en béton précontraint ou réalisée suivant une construction mixte avec un parement inférieur constitué par une tôle en acier raidie sur laquelle sont soudés des connecteurs souples.

[0038] Dans le mode de réalisation illustré à la [Fig.1], la dalle de protection 20 est disposée en appui vertical directement sur le remblai 16 situé à la périphérie extérieure du puits, afin que le poids de la dalle ne repose pas directement sur les bords supérieurs, également appelés têtes, des parois 18a, 18b. Ainsi, la dalle de protection 20 est indépendante mécaniquement de la structure enterrée et notamment des parois 18a, 18b, ce qui signifie qu'en cas de vibration de la dalle (par exemple sous l'impact d'un objet extérieur à l'installation), les vibrations générées au niveau de la dalle seront transmises au remblai et amorties par la terre et ne seront donc pas transmises à la structure enterrée par l'intermédiaire des parois 18a, 18b. La dalle de protection 20 est de préférence configurée pour pouvoir être retirée ultérieurement en cas de modification majeure ou de démantèlement de l'installation 10. La configuration de la dalle qui lui permet de pouvoir être retirée ultérieurement (c'est-à-dire après mise en place pour obturer le puits) est liée au fait qu'il s'agit, soit d'une dalle unique homogène qui peut donc être ripée en dehors de la zone occupée par le puits pour dégager l'ouverture du puits (le ripage a lieu suivant une direction axiale qui est parallèle à la grande dimension de la dalle rectangulaire), soit d'une dalle résultant de l'assemblage de deux demi-dalles ou de plus de deux demi-dalles et qui devient ainsi une dalle unique formée d'un seul tenant pouvant, elle aussi, être ripée en dehors du puits suivant la

direction axiale précitée afin de dégager l'ouverture du puits. On notera que ce déplacement/glisement de la dalle suit le chemin inverse de celui lié à la mise en place de la dalle lors de la construction de l'installation.

[0039] On notera toutefois que l'indépendance mécanique mentionnée ci-dessus ne signifie pas que la dalle 20 et les parois 18a, 18b ne peuvent pas être en contact mécanique indirect entre elles, comme décrit ci-dessous en référence à la [Fig.2A], ou bien en contact mécanique direct entre elles comme c'est le cas sur les figures 2C et 2E décrites ci-après.

[0040] La [Fig.2A] est une vue agrandie partielle de la zone située entre la dalle 20 et la tête 18a1 de la paroi 18a de la [Fig.1] et montre la présence, entre ces deux éléments, d'un dispositif de soufflet 22 à une onde en caoutchouc épais de type connu, agencé de manière sensiblement verticale. Ce dispositif 22 repose sur tout le périmètre des têtes de parois 18a, 18b. Ce périmètre prend ici une forme rectangulaire mais il peut prendre une forme carrée, circulaire ..., en fonction de la géométrie de la section transversale (horizontale) du puits. Le dispositif 22 est par exemple liaisonné aux têtes de parois, ainsi qu'à la surface inférieure 20a de la dalle 20 (sur une zone qui est en correspondance géométrique avec les têtes de parois 18a, 18b, à l'aplomb de celles-ci) par des organes de fixation respectifs 24a, 24b. Dans ce mode de réalisation, les bords du dispositif de soufflet 22 sont, sur tout le pourtour, fixés, par exemple, par des lattes en acier inox qui les compriment, ces lattes en inox étant elles-mêmes fixées dans le béton par des goudjons d'ancrage espacés. Le dispositif de soufflet 22 permet d'assurer l'étanchéité entre les deux espaces E1 et E2 qu'il sépare : l'espace E1 correspond à l'espace utile intérieur au puits et dans lequel sont agencés les différents éléments/composants de l'installation enterrée et l'espace E2 correspond à l'espace adjacent au remblai 16 (non visible sur la [Fig.2A]).

[0041] On notera qu'avec un tel agencement l'espace intermédiaire formé par la galerie technique G décrite qui sera plus bas en référence aux figures 3 et 4 est isolable sur le plan de la ventilation grâce à cette paroi en caoutchouc 22. On peut ainsi créer une légère dépression (-5 ou -10mm de CE) grâce à cette fonction spécifique de ventilation.

[0042] Selon une variante de réalisation représentée à la [Fig.2B] (vue prise dans un plan vertical perpendiculaire aux vues des figures 1 et 2A), la dalle de protection 20' est reliée aux parois verticales 18c, 18d bordant le puits par l'intermédiaire d'un dispositif de joint souple 22'. Dans cette variante, la dalle de protection 20' est en appui vertical directement sur un ou plusieurs appuis 23 disposés extérieurement relativement aux parois verticales 18c, 18d bordant l'intérieur du puits. Plus particulièrement, la dalle 20' comporte un ou plusieurs bords périphériques 20b' formant conjointement une jupe qui s'étend verticalement à partir de la périphérie externe de la surface inférieure 20a' en éloignement de celle-ci. Comme représenté à la [Fig.2B], la jupe 20b' repose

sur un ou plusieurs appuis 23 tels que des longrines qui sont supportées par des pieux ou semelles 25 ancrés verticalement dans le sol à distance des parois verticales 18c, 18d bordant l'intérieur du puits.

[0043] Selon une autre variante de réalisation représentée à la [Fig.2C], la dalle de protection 20 est en appui vertical directement sur la ou les parois verticales 18c, 18d bordant le puits, par l'intermédiaire d'une jupe 20b'' analogue à la jupe de la [Fig.2B].

[0044] Les figures 3 et 4 sont des vues agrandies d'une installation nucléaire enterrée 10' analogue à celle de la [Fig.1] mais restent schématiques pour les besoins de l'exposé. Cependant, l'appui de la dalle de protection 20 diffère de celui de la [Fig.1] puisque la dalle 20 est ici en appui vertical directement sur la ou les parois verticales 18a, 18b (et aussi sur les parois adjacentes non visibles 8c et 18d) bordant le puits, par l'intermédiaire de la jupe ou bord périphérique 20b qui s'étend vers le bas à partir de la face inférieure 20a de la dalle. La jupe 20b repose directement sur les têtes des parois (seules les parois 18a, 18b sont représentées dans cette coupe) qui comportent chacune un rebord périphérique formant un épaulement externe, tel celui 18a2 de la paroi 18a. On notera que la description qui va suivre s'applique à tous les modes de réalisation et variantes et, de manière générale, n'est pas limitée au mode d'appui de la dalle de protection.

[0045] Comme représenté à la [Fig.3], le puits 12 comprend, à son extrémité inférieure, un radier 12c constituant le fond du puits sur lequel vont être implantés les différents éléments/composants de l'installation enterrée. Ce radier a été mis en place de manière connue après l'excavation du puits. Un fond injecté peut s'avérer nécessaire pour limiter les venues d'eau par le fond si le terrain est perméable.

[0046] L'installation nucléaire enterrée 10' comprend ici un bâtiment réacteur 26 logé dans le puits 12 et reposant sur le radier 12c. On notera que plusieurs bâtiments réacteur peuvent être installés dans le puits 12, comme on le verra par la suite lors de la description d'autres modes de réalisation.

[0047] Dans le présent mode de réalisation, le bâtiment réacteur 26 comprend une ou plusieurs parois verticales (selon la géométrie du bâtiment). Si le bâtiment est de section horizontale rectangulaire ou carrée, il comportera nécessairement plusieurs parois (ce qui est le cas ici avec la forme rectangulaire), alors qu'il pourra ne comporter qu'une seule paroi s'il est de section horizontale circulaire (puits de forme cylindrique). Le bâtiment réacteur 26 comprend également un toit 28 qui prend appui sur la tête de la ou des parois du bâtiment (selon la configuration) pour couvrir le bâtiment, afin de définir un espace fermé interne à ce dernier. Dans l'exemple décrit, le bâtiment réacteur 26 a une section horizontale de forme rectangulaire et comprend quatre parois verticales dont seules deux 26a, 26b en vis-à-vis sont représentées sur la [Fig.3], les deux autres parois verticales adjacentes étant perpendiculaires et non

visibles ici. Les parois du bâtiment réacteur 26 reposent sur le radier 12c. Le toit 28 est ici une dalle de béton armé de structure simple, ce qui signifie qu'elle a une épaisseur suffisante de béton armé pour assurer sa résistance sous toutes les sollicitations auxquelles elle peut être soumise. Cette dalle peut alternativement être une dalle mixte acier-béton.

- [0048] Les parois du bâtiment réacteur 26 (la paroi 26a et les deux autres parois adjacentes perpendiculaires et non visibles sur la [Fig.3]) sont disposées en regard des parois verticales bordant le puits (la paroi 18a et les deux autres parois adjacentes perpendiculaires 18c et 18d, non visibles sur la [Fig.3] mais visibles sur les figures 2B-2E), à proximité l'une de l'autre, en ménageant entre elles un espace aussi réduit que possible (cet espace n'est toutefois pas visible sur les figures 3 et 4), sans toutefois être liées mécaniquement entre elles, afin de ne pas créer de liaison mécanique par laquelle des efforts/vibrations mécaniques seraient susceptibles de transiter.
- [0049] Les parois respectives en regard du bâtiment réacteur et du puits peuvent notamment être jointives ou accolées dans une variante comme illustré par exemple sur les figures 2B et 2C.
- [0050] Selon une variante de réalisation des installations des figures 2B et 2C, les parois du bâtiment réacteur 26 sont espacées horizontalement des parois verticales bordant le puits de manière à ménager un espace entre les parois respectives en regard. Ces parois en regard écartées l'une de l'autre ne sont pas liées mécaniquement entre elles afin de ne pas créer de liaison mécanique par laquelle des efforts/vibrations mécaniques seraient susceptibles de transiter. L'espace ainsi ménagé entre ces parois en vis-à-vis peut être un espace technique utile pour permettre une inspection par le personnel de maintenance, voire par des caméras. Dans la pratique, cet espace peut avoir une largeur d'environ 1,5 à 2m.
- [0051] Les figures 2D et 2E illustrent de tels agencements dans lesquels respectivement les parois respectives du bâtiment réacteur 26' (la paroi 26a' et les deux autres parois adjacentes perpendiculaires et non visibles sur les [Fig.2D] et 2E) et les parois en regard du puits (la paroi 18d et les deux autres parois adjacentes perpendiculaires 18a et 18b, non visibles sur les figures 2D et 2E) sont écartées horizontalement les unes des autres comme expliqué ci-dessus. Les appuis verticaux de la dalle de protection sur les figures 2D et 2E correspondent respectivement aux appuis des figures 2B et 2C.
- [0052] On notera que les agencements décrits ci-dessus entre les parois respectives en regard du bâtiment réacteur 26 et du puits s'appliquent également au mode décrit plus haut concernant l'appui vertical de la dalle de protection 20 sur le remblai 16 ([Fig.1]).
- [0053] Comme représenté aux figures 3 et 4, la dalle de protection 20 est disposée au-dessus du toit 28 du bâtiment réacteur 26, à distance (verticalement) de celui-ci de manière à ménager entre eux un espace vertical qui a une fonction de galerie technique G (espace

intermédiaire entre dalle 20 et toit 28) dont le toit 28 forme le plancher. Ce toit permet notamment, suivant la longueur de la galerie, la circulation de personnes et l'acheminement de câbles, conduits et autres équipements ou de tout autre composant servant de liaison entre, d'une part, les bâtiments qui sont extérieurs à la partie enterrée de l'installation, en particulier ceux montés sur la dalle de protection 20 (ex : équipements ou bâtiments auxiliaires) et, d'autre part, l'intérieur du bâtiment réacteur et, de fait, jusqu'à l'enceinte réacteur 30 contenue dans le bâtiment. Pour ce faire, des ouvertures traversantes (non représentées sur les figures) peuvent être aménagées à des emplacements distincts de la dalle, dans son épaisseur, au droit desquelles sont construits le ou les équipements ou bâtiments auxiliaires mentionnés ci-dessus. Chacune de ces ouvertures sert au passage de câbles, tuyauteries, ... (diverses liaisons) entre le bâtiment auxiliaire situé au-dessus de la dalle et le bâtiment réacteur situé sous la dalle par l'intermédiaire de la galerie technique située entre la dalle et le bâtiment réacteur et d'ouvertures traversantes (non représentées sur les figures) aménagées dans le toit du bâtiment réacteur pour le passage de ces différentes liaisons. L'accès à la galerie technique G peut se faire par l'intermédiaire des escaliers (visibles sur la [Fig.3]) qui sont aménagés dans la zone du puits qui est adjacente à la zone logeant le bâtiment réacteur.

[0054] Les dimensions horizontales de la dalle (dans la longueur qui apparaît sur les figures 3 et 4 mais également dans une direction horizontale perpendiculaire au plan de ces figures) sont supérieures à celles du toit 28 qui s'arrête au niveau des bords supérieurs ou têtes des parois 26a, 26b du bâtiment réacteur 26.

[0055] Le bâtiment réacteur 26 renferme, dans l'espace fermé qui est délimité par ses parois verticales 26a, 26b (et les deux parois verticales adjacentes perpendiculaires non visibles sur la [Fig.3]) et son toit horizontal 28, au moins une enceinte de réacteur nucléaire. Dans le présent mode, une seule enceinte de réacteur nucléaire 30 est logée dans le bâtiment réacteur 26. L'enceinte a ici une forme arrondie à sa partie supérieure afin de résister à une pression interne.

[0056] Dans le présent mode de réalisation, le réacteur nucléaire est du type PWR, c'est-à-dire qu'il utilise une technologie à eau pressurisée. Un tel réacteur peut comprendre principalement à l'intérieur de l'enceinte 30 étanche, de manière connue, un circuit primaire qui comporte:

- une cuve de réacteur contenant notamment les éléments combustibles et les barres de contrôle,
- un ou plusieurs générateurs de vapeur,
- des pompes primaires assurant une circulation en boucle du fluide primaire qui chemine au travers des éléments combustibles de la cuve de réacteur en récupérant l'énergie thermique dégagée par la réaction nucléaire et circule dans la partie primaire

des générateurs de vapeur, où un échange thermique a lieu entre le fluide primaire et la partie secondaire des générateurs de vapeur afin de produire de la vapeur en tête desdits générateurs de vapeur. La vapeur ainsi produite est évacuée des générateurs de vapeur à travers les tuyauteries vapeur d'un circuit secondaire qui traverse les parois de l'enceinte 30 et l'achemine jusqu'à une ou plusieurs turbines extérieures au puits pour la ou les faire tourner et ainsi produire, en sortie d'alternateur, du courant électrique distribué sur un réseau électrique à haute tension.

Le circuit primaire comporte également un pressuriseur qui a notamment une fonction de régulation du circuit primaire.

[0057] On notera que les parois bordant le puits, les parois du bâtiment et le toit 28 ont des structures beaucoup plus légères que celle de la paroi de l'enceinte 30, ce qui permet de ne pas affecter l'intégrité de l'enceinte dans le cas où l'un des éléments précédents serait projeté contre l'enceinte 30.

[0058] Par ailleurs, indépendamment du mode de réalisation préféré précédent, l'installation nucléaire enterrée selon l'invention peut s'appliquer à toute autre technologie nucléaire telle que l'une des technologies suivantes : BWR, HTR, avec des puissances adaptées au modèle SMR (« Small Modular Reactor » en terminologie anglo-saxonne). A titre d'exemple, les puissances peuvent aller de 50MWe à $N \times 50\text{MWe}$, avec N supérieur à 1 et, par exemple, N peut prendre des valeurs comprises entre 1 et 8, voire supérieures à 8. Selon un autre exemple, les puissances peuvent aller de 100MWe à $N \times 100\text{MWe}$, avec N supérieur à 1 et, par exemple, N peut prendre des valeurs comprises entre 1 et 8, voire supérieures à 8..

[0059] Pour isoler l'installation des vibrations externes, l'enceinte de réacteur nucléaire 30 est ici supportée par une dalle support 32 qui repose sur le radier 12c du puits par l'intermédiaire d'une pluralité de dispositifs d'isolation sismique ou vibratoire DIS qui assurent un amortissement ou atténuation efficace des vibrations susceptibles de se propager dans les parois bordant le puits (ex : 18a, 18b) et dans le radier 12c et d'atteindre l'enceinte 30. Dans la présente configuration, l'enceinte 30 n'est pas liée aux autres parois verticales bordant le puits et celles du bâtiment réacteur.

[0060] La [Fig.3A] est une vue agrandie montrant la structure possible d'un dispositif d'isolation sismique DIS.

[0061] Les dispositifs d'isolation sismique DIS répartis sous la dalle support 32, de la manière la plus uniforme possible et en fonction de la charge à supporter, comprennent chacun une boîte à ressorts BAR. Plus particulièrement, chaque boîte à ressorts est une boîte ou boîtier comprenant des ressorts souples dans la direction horizontale et dans la direction verticale pour amortir/filtrer des ondes vibratoires à la fois verticales et horizontales.

[0062] Comme représenté sur les figures 3, 3A et 4, les dispositifs d'isolation sismique DIS

sont montés sur des appuis P qui reposent sur le radier 12c du puits.

[0063] Ces appuis P sont par exemple des massifs ou des plots en béton armé.

[0064] A titre d'exemple, chaque boîte à ressorts BAR possède une charge nominale minimale de 1,6 MN à l'état limite de service, c'est-à-dire qu'elle a une capacité d'environ 1,6 MN sous charge permanente.

[0065] En cas de besoin, plusieurs boîtes à ressorts BAR peuvent être disposées côte à côte sur un même plot ou poteau P.

[0066] Un exemple possible de boîte à ressorts BAR est par exemple fourni par la société GERB et devra être choisi en fonction de la charge à supporter. Chaque boîte à ressorts BAR a, par exemple, une raideur verticale de 56 MN/m et une raideur horizontale de 31 MN/m.

[0067] Par ailleurs, les boîtes à ressorts peuvent également inclure des amortisseurs (ex : visqueux) incorporés dans le corps de la boîte à ressorts ou à l'extérieur de celle-ci et séparés de celle-ci et qui complètent le dispositif d'isolation sismique.

[0068] Les mouvements verticaux et horizontaux susceptibles d'être transmis par les parois latérales et le fond du puits sont transmis de manière filtrée à la dalle support 32, pouvant, éventuellement, provoquer un effet de balancier (« swing » en terminologie anglo-saxonne) de l'enceinte 30 qui, toutefois, n'affecte pas son intégrité en raison de l'efficacité du filtrage vibratoire décrit ci-dessus.

[0069] Cet effet de balancier est calculé en fonction des contraintes sismiques locales filtrées par les boîtes à ressorts BAR et permet, ainsi, d'ajuster au mieux les distances entre la dalle support 32 et les parois du bâtiment réacteur 26 (ex : 26a, 26b) et d'optimiser leurs épaisseurs respectives.

[0070] En effet, dans cet exemple, la dalle support 32 est séparée des parois du bâtiment réacteur, notamment 26a, 26b, simplement par un espace horizontal. Toutefois, un ou plusieurs joints d'isolement périphériques peuvent également être agencés entre la dalle support et les parois du bâtiment réacteur bien que cela ne soit pas représenté sur les figures 3 et 4.

[0071] La dalle support 32 sur laquelle repose l'enceinte de réacteur nucléaire 30 peut présenter, dans sa partie centrale ([Fig.3]) située sous la cuve de réacteur, un renforcement ou décaissement 32a (empreinte d'un volume) en direction du radier 12c qui peut être excavé pour éventuellement y installer un dispositif permettant de faire face à tout accident survenant autour, sur ou dans la cuve. Comme on peut le voir de manière plus précise sur les figures 3 et 4, la dalle support 32 est séparée des parois du bâtiment réacteur par un espace de relativement faible largeur dans lequel un ou plusieurs joints d'isolement périphériques J, par exemple en caoutchouc épais, sont disposés bien qu'ils ne soient pas apparents sur les figures. Ces joints sont conçus pour être inspectés et changés.

- [0072] Comme représenté sur les figures 3 et 4, le bâtiment réacteur 26'' peut comporter également une dalle intermédiaire horizontale 34 qui est solidaire des parois verticales du bâtiment (26a et 26b sur les figures 3 et 4 et les deux autres parois verticales adjacentes perpendiculaires). La dalle intermédiaire 34 s'étend horizontalement à partir de ces parois de manière à entourer radialement l'enceinte de réacteur nucléaire 30, sans toutefois entrer en contact avec celle-ci, comme représenté sur la [Fig.3]. Cette dalle est disposée à un niveau ou une cote suivant la verticale du bâtiment qui représente une position intermédiaire entre la dalle support 32 et le toit 28. Cette dalle intermédiaire 34 est agencée parallèlement à la dalle support 32, au-dessus et à distance de celle-ci. Dans le cas où il est nécessaire de réduire les effets de balancier (« swing » en terminologie anglo-saxonne) de l'enceinte de réacteur nucléaire 30, et donc les accélérations sismiques vues par le réacteur, des dispositifs d'isolation sismique supplémentaires peuvent être ajoutés. Plus particulièrement, ces dispositifs peuvent être positionnés horizontalement dans une disposition radiale autour de l'enceinte 30, entre cette enceinte et le bord de la dalle intermédiaire 34 qui l'entoure ([Fig.3]).
- [0073] La [Fig.3] illustre également sur la partie droite de l'installation enterrée 10' une zone Z1 adjacente au bâtiment réacteur 26 qui est logé à l'intérieur du puits mais de manière séparée de ce bâtiment. Cette zone Z1 est délimitée entre la paroi 26b du bâtiment et une paroi en vis-à-vis P1 qui est disposée en regard de la paroi 18b bordant le puits. La zone Z1 forme un compartiment interne au puits dans lequel peut être disposé un escalier 36 permettant à du personnel de circuler entre la partie inférieure du puits et sa partie supérieure (y compris pour accéder au niveau de la dalle de protection).
- [0074] Sur la [Fig.4] (plan de coupe parallèle à celui de la [Fig.3]), une autre zone Z2, adjacente à la zone contenant le bâtiment réacteur 26, est agencée entre la paroi 26b du bâtiment et la paroi en vis-à-vis P1 qui est disposée en regard de la paroi 18b bordant le puits. La zone Z2 forme un puits de manutention verticale qui permet d'accéder notamment à la dalle support 32 disposée en partie inférieure du puits. La dalle de protection 20 s'étend au-dessus du bâtiment réacteur et des zones Z1 et Z2 adjacentes. Comme représenté sur cette figure, une ouverture O (appelée tampon) qui est fermée en permanence pendant l'exploitation du réacteur (par le biais d'une porte coulissante ou pivotante non représentée) et ouverte seulement pour évacuer ou rentrer du matériel, est aménagée dans la paroi verticale 26b du bâtiment réacteur pour mettre en communication le puits de manutention Z2 et l'intérieur du bâtiment réacteur.
- [0075] Une trémie 40 est par exemple aménagée dans la dalle de protection 20 à l'aplomb d'au moins une des zones Z1 et Z2. Cette trémie occupe de manière permanente une position fermée mais, peut s'ouvrir, lorsqu'il est nécessaire d'accéder à l'espace situé en dessous et, notamment, pour procéder à des opérations de maintenance par

l'intermédiaire du puits de manutention Z2, comme par exemple, pour des opérations de maintenance, pour évacuer, et rentrer par la même voie, des (composants) ou éléments de l'enceinte du réacteur nucléaire. L'enceinte du réacteur 30 possède une ouverture Ot, dite tampon, qui est placée (idéalement) en face de la porte coulissante fermant l'ouverture O (du bâtiment réacteur). Cette ouverture Ot est aménagée dans l'enceinte 30 et est fermée en permanence pendant l'exploitation du réacteur par le biais d'une porte coulissante ou pivotante (non représentée).

[0076] La [Fig.5] est une vue en coupe horizontale d'une installation nucléaire enterrée 10'' selon un autre mode de réalisation dans lequel deux bâtiments réacteur sont logés dans le puits 12' de manière adjacente l'un par rapport à l'autre et séparés l'un de l'autre par une paroi transversale interne 26.12. Ainsi, l'installation 10'' comprend le bâtiment réacteur des figures précédentes, référencé ici 26.1 et un autre bâtiment réacteur 26.2, par exemple identique et disposé à côté du premier bâtiment 26.1 dans le puits.

[0077] Comme représenté sur la figure, les parois 18a'-d' bordant le puits entourent les deux bâtiments 26.1 et 26.2. Les parois 18c' et 18d' sont allongées par rapport aux parois 18c et 18d afin de pouvoir accueillir côte à côte deux enceintes de réacteur nucléaire 30.1 et 30.2 ainsi que les deux bâtiments réacteur 26.1 et 26.2 qui les contiennent. Comme pour le mode des figures précédentes, chaque enceinte de réacteur nucléaire repose sur une dalle support 32.1, 32.2 qui, chacune, est montée sur des dispositifs d'isolation sismique DIS tels que ceux décrits plus haut. Comme représenté sur la [Fig.5], ces dispositifs sont répartis sous chacune des dalles support de la manière la plus uniforme possible. On notera que les dispositifs d'isolation sismique situés à l'aplomb de l'enceinte de réacteur nucléaire sont, par exemple, aménagés sensiblement suivant le périmètre circulaire de l'enceinte, à l'aplomb de celle-ci, dans la mesure où c'est sur le pourtour de l'enceinte que les masses les plus importantes se répartissent, en particulier, au niveau du mur en béton circulaire très ferrailé. Chaque dalle support 32.1, 32.2 présente ainsi dans chaque partie située sous une cuve de réacteur 30.1, 30.2, un renforcement ou décaissement 32a.1, 32a.2 (empreinte d'un volume) qui s'étend vers le bas, de manière identique au renforcement 32a des figures 3 et 4.

[0078] Comme pour les figures 3 et 4, des zones Z1 et Z2 sont disposées de manière adjacente au bâtiment réacteur 26.1 et des zones Z1' et Z2' identiques sont également disposées de manière adjacente au bâtiment 26.2 avec les ouvertures tampons O et O'.

[0079] La [Fig.6] représente une vue selon une coupe verticale de l'installation nucléaire enterrée 10'' de la [Fig.5]. Sur cette vue, sont représentés le radier 12c' sur lequel reposent les bâtiments réacteur 26.1 et 26.2 et la dalle de protection 20.2 qui est ici formée de deux demi-dalles de protection 20.2a et 20.2b qui sont fixées l'une à l'autre à leur jonction 20.2c située sensiblement à l'aplomb de la paroi interne 26.12 séparant les deux bâtiments réacteur. La fixation peut être réalisée par des techniques connues

et, par exemple, clavetées l'une à l'autre ou assemblées l'une à l'autre par des armatures pour béton armé venant en recouvrement ou par des armatures pour béton armé liaisonnées par des manchons (coupleurs) dans des zones réservées qui sont bétonnées en deuxième phase, après réalisation de la jonction des armatures.

- [0080] Par ailleurs, chaque bâtiment de réacteur est fermé à sa partie supérieure par un toit 28.1, 28.2 ([Fig.6]) et la dalle de protection 20.2 définit avec chacun des toits en regard une galerie technique G' de plus grandes dimensions que la galerie technique G des figures précédentes. Plus particulièrement, chaque demi-dalle 20.2a, 20.2b située au-dessus du toit du bâtiment réacteur correspondant, ménage avec ce dernier une partie de la galerie technique G', suivant sa longueur.
- [0081] En outre, comme représenté sur les figures, chaque bâtiment de réacteur renferme l'enceinte de réacteur nucléaire correspondante 30.1, 30.2 qui est supportée par la dalle support 32.1, 32.2 montée chacune sur des dispositifs d'isolation sismique DIS et chaque bâtiment de réacteur peut comporter une dalle intermédiaire 34.1, 34.2 identique ce qui a été décrit ci-dessus.
- [0082] La [Fig.6A] représente, suivant une vue en perspective de dessus, les deux demi-dalles de protection 20.2a et 20.2b (sans les autres éléments de la [Fig.6] par souci de clarté) écartées l'une de l'autre suivant une direction longitudinale X, par exemple dans une position où chaque demi-dalle est sur son aire ou zone de construction à proximité du puits (non représenté ici). Les demi-dalles sont ainsi construites à distance l'une de l'autre et ont chacune une face d'extrémité libre fa1, fa2 en vis-à-vis l'une de l'autre. Ces deux faces fa1, fa2 sont destinées à être jointes / assemblées mécaniquement l'une avec l'autre pour former une dalle unique comme expliqué plus loin en référence à la [Fig.6B]. Comme représenté sur la [Fig.6A], un bord périphérique R1, R2 est aménagé respectivement sur la face inférieure de chaque demi-dalle 20.2a, 20.2b et s'étend verticalement vers le bas à la manière d'une jupe ou d'un bord tombé.
- [0083] Chaque demi-dalle 20.2a, 20.2b peut présenter des ouvertures qui sont pratiquées à travers son épaisseur afin d'autoriser la traversée de câbles, tuyauteries, matériels et personnes selon la ou les ouvertures concernées. Sur la [Fig.6A] une ouverture T1, T2 décalée latéralement par rapport à l'axe médian longitudinal (parallèle à l'axe X) de chaque demi-dalle est présente. Cette ouverture est destinée à former une trémie qui sera utilisée ultérieurement pour la maintenance ou manutention et qui sera disposée au-dessus du puits ou zone de manutention situé le long du bâtiment réacteur. D'autres ouvertures traversantes (non représentées ici) peuvent être aménagées à des emplacements distincts de chaque demi-dalle sur laquelle peuvent être construits des bâtiments auxiliaires. Chacune de ces ouvertures sert au passage de câbles, tuyauteries, ... (diverses liaisons) entre l'équipement ou bâtiment situé au-dessus de la demi-dalle et le bâtiment réacteur situé sous la demi-dalle par l'intermédiaire de la galerie

technique située entre la demi-dalle et le bâtiment réacteur. On notera qu'après passage des conduits, câbles, tuyauteries... toutes les ouvertures traversant chaque demi-dalle de protection contre les agressions externes sont rebouchées et rendues étanches et coupe-feu (la fonction coupe-feu doit être efficace au moins 2 heures).

- [0084] Par ailleurs, chaque demi-dalle 20.2a, 20.2b peut comporter des empreintes r1.1, r1.2, r2.1, r2.2 (figs. 6A et 6C) des rails d'un pont roulant qui sera utilisé ultérieurement pour déplacer divers équipements sur la dalle et notamment pour la maintenance au-dessus des trémies de manutention T1, T2.
- [0085] Dans la position de la [Fig.6] (les demi-dalles sont positionnées au-dessus de l'ouverture 12b' du puits), la demi-dalle 20.2a est agencée contre la demi-dalle 20.2b et les deux demi-dalles sont jointes/assemblées mécaniquement l'une avec l'autre, par exemple par clavetage, afin de former mécaniquement une seule dalle de protection en assurant une continuité de la résistance mécanique de la dalle au droit de la zone de jonction ou de raccordement 20.2c entre les demi-dalles. Pour ce faire, l'armature ou ferrailage doit être continu au droit de cette zone).
- [0086] La [Fig.6B] illustre un exemple possible d'assemblage mécanique entre les demi-dalles 20.2a et 20.2b. Cette figure est une vue partielle agrandie d'une zone de raccordement mécanique entre les deux demi-dalles. Le raccordement entre les deux demi-dalles 20.2a et 20.2b peut être réalisé en prévoyant une zone de clavetage Zcl entre ces demi-dalles et qui correspond à la zone 20.2c de la [Fig.6]. Les demi-dalles sont mises en place en prévoyant une largeur de clavetage supérieure à la longueur de recouvrement des armatures longitudinales qui se trouvent en nappe inférieure a1i et a2i et en nappe supérieure a1s et a2s des demi-dalles. Les armatures longitudinales de chaque élément de dalle (demi-dalle) viennent en recouvrement avec les armatures longitudinales de l'autre élément de dalle. Plusieurs nappes d'armatures supérieures et inférieures sont nécessaires pour chaque élément de dalle mais seules une nappe d'armature supérieure et une nappe d'armature inférieure sont représentées pour chaque élément de dalle sur le schéma de principe de la [Fig.6A] pour en faciliter la compréhension. Les armatures longitudinales dans l'autre direction et les armatures d'effort tranchant sont également mises en place (voir de manière schématique les armatures perpendiculaires a3i et a3s sur la figure). De plus, un coffrage provisoire Cfp peut être fixé sous les éléments de dalle et le bétonnage de la zone de clavetage est ensuite effectué afin de lier mécaniquement entre eux les deux éléments de dalle. Le coffrage provisoire Cfp est déposé et évacué quelques jours après le bétonnage de la zone de clavetage. On notera que d'autres solutions peuvent être envisagées pour assurer la continuité du ferrailage longitudinal : coupleurs, soudure des barres...
- [0087] La dalle 20.2 obtenue après assemblage des deux demi-dalles 20.2a, 20.2b est une dalle de protection contre les agressions externes au puits et protège ainsi les

composants de l'installation logés dans le puits 12'.

- [0088] De manière générale, chaque demi-dalle est mise en place de façon à pouvoir être retirée ultérieurement en cas de démantèlement de l'installation (en fin de vie) ou même en cas de modification de celle-ci, par exemple pour réaliser des travaux de maintenance de grande ampleur sur le plan de la sûreté et du fonctionnement de l'installation. A titre d'exemple, le remplacement d'un ou de plusieurs générateurs de vapeur peut justifier une telle opération. La configuration de la dalle qui lui permet de pouvoir être retirée ultérieurement (c'est-à-dire après mise en place pour obturer le puits) est liée au fait qu'il s'agit ici d'une dalle résultant de l'assemblage de deux demi-dalles (voire, de plus de deux demi-dalles dans une variante non représentée) et qui devient ainsi une dalle unique formée d'un seul tenant pouvant être ripée en dehors du puits suivant une direction axiale/longitudinale X afin de dégager l'ouverture du puits. On notera que ce déplacement/glissement axial/longitudinal de la dalle suit le chemin de ripage inverse de celui lié à la mise en place de la dalle lors de la construction de l'installation. Il en est de même pour une dalle unique homogène dans sa construction.
- [0089] Tout ce qui a été décrit précédemment s'applique également dans ce mode de réalisation où deux bâtiments réacteur sont logés dans le puits et ne sera donc pas répété.
- [0090] La [Fig.7] illustre, suivant une coupe verticale, un autre mode de réalisation d'une installation nucléaire enterrée 100 qui diffère principalement du mode des figures 3 et 4 par la présence d'une piscine d'entreposage de combustible nucléaire, identifiée sur la figure par l'acronyme PECN, située dans une zone Z2'' du puits adjacente à celle où se trouve le bâtiment de réacteur 126. Les éléments correspondant au mode des figures 3 et 4 et qui sont repris ici sont précédés du chiffre « 1 » et ne seront pas décrits à nouveau. La piscine PECN repose sur une dalle support DS qui est montée sur des dispositifs d'isolation sismique DIS' analogues à ceux décrits plus haut. Cependant, en raison du poids de l'enceinte de réacteur nucléaire 130, les dispositifs d'isolation sismique DIS supportant cette dernière sont configurés/dimensionnés pour amortir les ondes vibratoires verticales et horizontales avec un coefficient d'amortissement supérieur à ceux des dispositifs d'isolation sismique DIS' qui doivent supporter des charges moins lourdes. La constitution même des dispositifs peut varier ou leur nombre peut varier afin d'atteindre cet objectif).
- [0091] Un toit 128 s'étend ici au-dessus du bâtiment de réacteur 126 et de la zone adjacente Z2''. On notera que l'agencement du toit au-dessus de la zone Z2'' peut n'être que locale en s'étendant au-dessus de la piscine PECN, mais sans toutefois s'étendre sur toute la zone Z2''.
- [0092] Comme représenté sur la [Fig.7], une ouverture O' (appelée tampon) qui est fermée en permanence pendant l'exploitation du réacteur (par le biais d'une porte coulissante

non représentée), est aménagée dans la paroi verticale 126b du bâtiment réacteur.

L'ouverture O' est ouverte seulement afin d'accéder à l'intérieur du bâtiment réacteur quand l'évacuation de matériel(s) et/ou l'introduction de nouveau(x) matériel(s) sont nécessaires. La dalle de protection 120 s'étend au-dessus du bâtiment de réacteur 126 et de la zone Z2'' adjacente à ce dernier, et donc de la piscine PECN.

[0093] Comme pour le mode des figures 3 et 4, une galerie technique analogue G'' est ménagée entre le toit 128 et la dalle de protection 120.

[0094] Tout ce qui a été décrit précédemment s'applique également dans ce mode de réalisation et ne sera pas répété.

[0095] La [Fig.8] illustre, suivant une vue en coupe horizontale (vue de dessus), un autre mode de réalisation d'une installation nucléaire enterrée 200 analogue à l'installation nucléaire enterrée 10'' des figures 5 et 6. Les éléments correspondant au mode des figures 5 et 6 et qui sont repris ici sont précédés du chiffre « 2 » et ne seront pas décrits à nouveau. La différence entre ces deux modes de réalisation réside dans la présence d'une piscine d'entreposage de combustible nucléaire PECN' dans une zone du puits qui est adjacente aux deux bâtiments réacteur 226.1 et 226.2. Cette piscine est située dans le prolongement de la paroi 226.12 qui sépare les deux bâtiments réacteur et est adjacente à chacun des deux bâtiments, car elle s'étend de part et d'autre de cette paroi. Cette position intermédiaire entre les deux bâtiments permet d'entreposer, dans cette piscine, des éléments combustibles provenant de l'un ou l'autre des réacteurs des enceintes 230.1 et 230.2. On notera que, comme pour le mode de réalisation de la [Fig.7], la piscine est supportée par une dalle de béton DS' montée sur des dispositifs d'isolation sismique DIS' qui ont, par exemple, les mêmes caractéristiques que ceux de la [Fig.7]. Par ailleurs, dans une variante non représentée, deux piscines peuvent alternativement être prévues, chacune dans une zone adjacente à un bâtiment et dédiée à ce dernier.

[0096] De manière analogue à l'agencement des zones de la [Fig.5], l'installation 200 comporte des zones Z1'' et Z2'' (puits de manutention verticale) qui sont situées de manière adjacente à la zone du puits contenant le bâtiment réacteur 226.1. De même, l'installation 200 comporte d'autres zones Z1''' et Z2''' (puits de manutention verticale) qui sont situées de manière adjacente à la zone du puits contenant le bâtiment réacteur 226.2. Les zones Z1'' et Z2'' et les zones Z1''' et Z2''' sont disposées de manière symétrique par rapport à la position intermédiaire de la piscine PECN' située entre elles. Chacune des zones a par exemple les mêmes fonctions que la zone correspondante de la [Fig.5].

[0097] De même que pour l'agencement de la [Fig.5], l'installation 200 comporte une dalle (non représentée) formée de deux demi-dalles.

[0098] Tout ce qui a été décrit précédemment s'applique également dans ce mode de réa-

lisation et ne sera pas répété.

- [0099] On notera que la dalle de protection des différentes installations décrites ci-dessus avec un ou plusieurs bâtiments réacteur peut être en appui de différentes manières, comme décrit plus haut en référence aux figures 2A à 2E.
- [0100] De manière générale, les installations nucléaires enterrées selon certains modes de réalisation de l'invention peuvent comporter deux bâtiments réacteur ou plus, telles que celles des figures 5, 6 et 8, permettant ainsi d'avoir des cœurs de réacteur plus petits fournissant une puissance moindre (ex : 100MWe) que celle d'une installation plus grande et de plus grande puissance (ex : 800MWe, voire des puissances supérieures). A titre d'exemple, pour fournir une puissance de 800MWe, une installation nucléaire enterrée selon l'invention peut être configurée suivant quatre puits de 200MWe chacun, chaque puits pouvant produire 2x100MWe ou 1x200MWe.
- [0101] La modularité de puissance offerte par ces installations de plus petite taille s'accompagne également d'une simplification des installations et d'un coût de mise en œuvre réduit par rapport à une installation de plus grande puissance.
- [0102] Les figures 9 à 11 illustrent une installation enterrée 300 selon un autre mode de réalisation. La [Fig.9] est une vue en plan de l'installation suivant une section horizontale du puits (sous la dalle de protection) dans laquelle le puits 312 (de forme générale cylindrique) a une section de forme circulaire avec une paroi par exemple moulée 318 de section de forme annulaire qui borde l'intérieur du puits. Le bâtiment réacteur 326 a lui aussi une forme circulaire et renferme une enceinte de réacteur nucléaire 330 telle que décrite plus haut. Ces formes circulaire et annulaire ont l'avantage de mieux résister aux poussées en provenance de l'extérieur (les terres dans le cas du puits) et aux surpressions (en interne, en provenance de l'enceinte ou du bâtiment réacteur). En particulier, la paroi moulée 318 de forme annulaire (en section) travaille comme un anneau comprimé par la poussée des terres qui est dirigée radialement par rapport à la paroi moulée. La paroi moulée 318 est auto stable et le nombre de tirants d'ancrage de la paroi dans le terrain se trouve ainsi réduit, ce qui notamment simplifie la conception et la construction. On notera que la paroi 318 a plus généralement une forme de couronne cylindrique suivant une vue en trois dimensions et l'espace interne du puits qui est bordé par la paroi 318 occupe un espace de forme cylindrique.
- [0103] Dans ce mode de réalisation, une piscine d'entreposage de combustible nucléaire PECN'' peut être disposée à l'intérieur du bâtiment réacteur 326 mais de manière décentrée par rapport à l'enceinte 330, comme illustré sur la [Fig.9]. L'installation 300 comporte également une zone Z3 formant un puits de manutention et qui est également décentrée par rapport à l'enceinte 330, ainsi qu'une zone Z4, décentrée, dans laquelle est aménagé un escalier 336 permettant de relier entre eux les différents niveaux du puits 312, depuis le radier 312c jusqu'à la dalle de protection 320 visible uniquement

sur la [Fig.10].

[0104] La [Fig.10] est une vue en coupe verticale selon le plan de coupe A-A de la [Fig.9] et montre un agencement proche de celui de la [Fig.7] à l'exception du fait que, sur les figures 9 et 10, l'ensemble du bâtiment réacteur 326 et de l'enceinte 330 est supporté par la même dalle support 332 et la piscine d'entreposage de combustible nucléaire PECN'' est également supportée par la même dalle support 332. Cette dalle support 332 repose elle-même sur une pluralité de dispositifs d'isolation sismique DIS de même configuration que ceux décrits plus haut . On notera que dans une configuration circulaire, il est plus simple de ne réaliser qu'une seule dalle support circulaire. Prévoir deux dalles support distinctes (indépendantes) l'une pour supporter le bâtiment réacteur 326 et, l'autre, pour supporter la piscine PECN'', telles que positionnées sur la [Fig.9], conduirait à supprimer une partie de la dalle circulaire pour y loger la dalle supportant la piscine, ce qui affecterait l'intégrité de la dalle support du bâtiment réacteur 326 et risquerait de fragiliser cette dalle support.

[0105] Au contraire, lorsque le puits a une forme générale rectangulaire (en section) voire carrée, et accueille au moins un bâtiment réacteur et une piscine adjacente, il est plus adapté, et notamment plus économique, d'avoir deux dalles support indépendantes et donc avec des dispositifs d'isolation vibratoire DIS adaptés pour supporter des charges différentes selon la dalle support. La [Fig.11] illustre en vue de dessus (section horizontale) une forme générale possible pour la dalle de protection 320 qui doit obturer l'ouverture supérieure 312b du puits 312 ([Fig.10]). Ainsi que représenté sur la [Fig.11], la dalle 320 a une forme générale essentiellement circulaire de dimensions correspondant à celles de l'ouverture 312b à couvrir. La dalle 320 comporte, au niveau de deux zones diamétralement opposées de sa circonférence, deux extensions radiales externes 320a et 320b, ici symétriques l'une par rapport à l'autre, qui partent chacune de la circonférence circulaire de la dalle pour se terminer chacune par une face plane (pan coupé ou biseauté) 320a1 et 320b1. Les deux faces planes 320a1 et 320b1 sont parallèles entre elles et sont utilisées pour acheminer la dalle de protection jusqu'à une position située au-dessus de l'ouverture 312b du puits par ripage, à partir d'une zone située en dehors du puits mais à proximité de celui-ci. Cette zone est par exemple utilisée pour construire la dalle de protection pendant que le bâtiment réacteur est en cours de construction.

[0106] De manière générale, les figures 9 et 10 reprennent la plupart des éléments en commun décrits en référence aux figures précédentes et qui ne seront pas décrits à nouveau ici, à savoir notamment le radier 312c, le renforcement 312c1 (optionnel), la dalle support 332, la dalle intermédiaire 334 (optionnelle), le toit 328, la galerie technique G''' entre le toit 328 et la dalle 320. Dans le présent mode, la galerie G''' ([Fig.10]) occupe en vue de dessus un espace circulaire et non rectangulaire comme

dans les modes précédents.

- [0107] Une trémie de manutention (non représentée) est également agencée dans la dalle de protection 320 de la [Fig.11] de manière décentrée, par rapport à l'enceinte 330, à l'aplomb de la zone Z3 de la [Fig.9].
- [0108] Dans le présent mode, la dalle de protection est représentée en appui directement sur la paroi 318 qui porte notamment un rebord périphérique externe 318a comme le mode des figures 6 et 7 et la paroi 318 est écartée de la paroi 326a du bâtiment réacteur 326. Toutefois, les différents agencements décrits en référence aux figures 2A à 2E sont également applicables ici. Les figures 12 et 13 représentent, sur la partie gauche de chaque figure, la dalle de protection 320 construite sur son aire ou zone de construction Zcd située à proximité du puits 312, en vue de dessus et en coupe verticale B-B respectivement. Sur la partie droite de la [Fig.12] la vue en section horizontale montre les éléments situés sous la dalle de protection 320 dont les contours apparaissent en transparence au-dessus du puits.
- [0109] Sur la partie gauche de la [Fig.12], plusieurs équipements/ bâtiments (non représentés) peuvent être construits sur la dalle 320 pendant la construction du bâtiment réacteur dans le puits. A titre d'exemple, un bâtiment auxiliaire assurant des fonctions de refroidissement, un bâtiment auxiliaire assurant des fonctions de ventilation et une salle de conduite de l'installation peuvent être construits. D'autres équipements/ bâtiments peuvent bien entendu être construits sur la dalle à la place d'au moins certains de ces bâtiments ou en plus. Une ouverture T peut également être aménagée dans l'épaisseur de la dalle 320 pour notamment servir de trémie au droit de la zone de manutention Z3 du puits 312 (partie de droite sur les figures 12 et 13), lorsque la dalle sera mise en place au-dessus du puits.
- [0110] La dalle de protection 320 peut être ripée depuis sa zone de construction Zcd jusqu'à une position située au-dessus de l'ouverture 312b du puits en utilisant par exemple deux longrines de guidage parallèles L1, L2 ([Fig.12]) destinées à coopérer chacune avec un bord périphérique latéral tombé d'une des deux faces planes 320a1 et 320b1 de la dalle.
- [0111] Un système de déplacement de la dalle 320 par translation comporte, par exemple, deux vérins V1, deux massifs M1 sur lesquels les vérins peuvent être fixés et auxquels deux câbles de tractions Ca1 sont attachés, les câbles traversant les extensions radiales externes 320a et 320b de la dalle dans leur longueur et étant fixés aux faces de ces extensions qui sont opposées au puits (ancrage A1). Alternativement, l'opération de ripage des demi-dalles peut être effectuée sur coussin d'air en utilisant par exemple des modules dits APS du système Freyssinet qui sont des appuis glissants à coussin d'air disposés sous chaque demi-dalle. Plus particulièrement, les appuis glissants à coussin d'air peuvent être disposés entre les faces inférieures des deux rebords ou jupes longi-

tudinales de la dalle ou de chaque demi-dalle et la face supérieure des deux longrines de ripage (le coefficient de frottement est très faible, de l'ordre de 1%).

- [0112] La partie droite de la [Fig.13] illustre la dalle 320 après ripage, en position d'obturation de l'ouverture 312b du puits, au-dessus du toit 328 du bâtiment réacteur 326. Comme pour les modes précédents, l'installation ainsi configurée présente un agencement vertical compact avec le(s) bâtiment(s) réacteur dans le puits, la galerie technique au-dessus et sous la dalle (demi-dalle) de protection et les équipements/bâtiments auxiliaires au-dessus de la dalle.
- [0113] On notera que le ripage de la dalle 320 qui vient d'être décrit peut s'appliquer aux autres dalles ou demi-dalles décrites plus haut en référence aux figures précédentes même si la forme de ces dernières est différente. Le principe de ripage reste le même.
- [0114] Selon une variante de réalisation non représentée, le bâtiment réacteur peut adopter une forme générale de section transversale (horizontale) carrée s'inscrivant à l'intérieur de l'espace interne de section transversale (horizontale) circulaire du puits (bordé par la paroi annulaire 318).
- [0115] Selon une autre variante de réalisation non représentée, le puits conserve une section transversale (horizontale) circulaire qui est ici divisée en deux compartiments distincts formant chacun une surface occupant un demi-cercle et un bâtiment réacteur de section (horizontale) circulaire, carrée ou rectangulaire occupe chacun des deux demi-cercles. Cette variante peut être adaptée à des technologies de petite puissance, par exemple de l'ordre de 100MWe chacune pour éviter un diamètre qui serait trop important pour la dalle de protection supérieure si les réacteurs étaient de dimensions plus importantes).

Revendications

- [Revendication 1] Installation nucléaire enterrée (10), comprenant :
- un puits vertical (12) comportant, à une extrémité inférieure, un fond (12a) et, à une extrémité supérieure, une ouverture (12b),
 - au moins un bâtiment réacteur (26) logé dans le puits,
 - au moins une dalle de protection (20) contre les agressions externes qui obture l'ouverture (12b) du puits en s'étendant notamment au-dessus dudit au moins un bâtiment réacteur,
 - au moins une enceinte de réacteur nucléaire (30) renfermée à l'intérieur dudit au moins un bâtiment réacteur (26) et supportée par au moins une dalle support (32) reposant sur le fond du puits par l'intermédiaire d'une pluralité de dispositifs d'isolation sismique (DIS),
 - et/ou au moins une piscine d'entreposage de combustible nucléaire (PECN) logée dans le puits et supportée par au moins une dalle support (DS) reposant sur le fond du puits par l'intermédiaire d'une pluralité de dispositifs d'isolation sismique (DIS').
- [Revendication 2] Installation nucléaire enterrée selon la revendication précédente, caractérisée en ce que ledit au moins un bâtiment réacteur (26) comprend un toit (28) qui couvre ladite au moins une enceinte de réacteur nucléaire (30) et/ou ladite au moins une piscine d'entreposage de combustible nucléaire (PECN), ladite au moins une dalle de protection (20) s'étendant notamment au-dessus du toit et à distance de celui-ci de manière à ménager entre eux une galerie technique (G).
- [Revendication 3] Installation nucléaire enterrée selon la revendication 1 ou 2, caractérisée en ce qu'elle comprend une ou des parois verticales (18a-d) qui bordent l'intérieur du puits, ladite au moins une dalle de protection (20 ;20' ;20'') étant en appui vertical :
- directement sur un remblai (16) disposé en dehors du puits, à la périphérie extérieure dudit puits, un dispositif de soufflet (22) étant agencé verticalement entre ladite au moins une dalle de protection et la ou les parois verticales (18a-d) bordant l'intérieur du puits, ou
 - directement sur la ou les parois verticales (18a-d) bordant l'intérieur du puits, ou
 - indirectement sur la ou les parois verticales (18a-d) bordant l'intérieur du puits par l'intermédiaire d'un dispositif de joint amortissant (22') et/ou
 - directement sur un ou plusieurs appuis (23, 25) disposés exté-

rieurement relativement à la ou aux parois verticales (18a-d) bordant l'intérieur du puits.

[Revendication 4]

Installation nucléaire enterrée selon la revendication précédente, caractérisée en ce que ledit au moins un bâtiment réacteur (26) comprend une ou des parois verticales (26a, 26b ; 26a', 26b' ; 26a'', 26b'' ; 26a1, 26b1 ; 26a2, 26b2) qui sont espacées horizontalement de la paroi ou des parois verticales (18a-d) bordant l'intérieur du puits ou accolées à la paroi ou aux parois verticales (18a-d) bordant l'intérieur du puits.

[Revendication 5]

Installation nucléaire enterrée selon la revendication précédente, caractérisée en ce que ledit au moins un bâtiment réacteur (26) comprend au moins une dalle intermédiaire horizontale (34 ; 134) qui est solidaire de la ou des parois verticales (26a'', 26c'', 26d'' ; 126c, 126d) dudit au moins un bâtiment réacteur et entoure radialement ladite au moins une enceinte de réacteur nucléaire (30 ; 130), ladite au moins une dalle intermédiaire (34) étant disposée à un niveau intermédiaire dudit au moins un bâtiment réacteur (26), au-dessus et à distance de ladite au moins une dalle support (32 ; 132) supportant ladite au moins une enceinte de réacteur nucléaire.

[Revendication 6]

Installation nucléaire enterrée selon la revendication 4 ou 5, caractérisée en ce que ladite au moins une dalle support supportant ladite au moins une enceinte de réacteur nucléaire est séparée de la ou des parois du bâtiment réacteur par un ou plusieurs joints d'isolement périphériques ou par un espace entre ladite au moins une dalle support et la ou les parois du bâtiment réacteur.

[Revendication 7]

Installation nucléaire enterrée selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce qu'elle comprend un puits de manutention verticale (Z1, Z2) qui donne accès à ladite au moins une dalle support (32) du puits, à côté dudit au moins un bâtiment réacteur et de manière séparée de ce dernier.

[Revendication 8]

Installation nucléaire enterrée selon la revendication précédente, caractérisée en ce que ladite au moins une dalle de protection (20 ; 20.1) comporte une trémie (40) qui est située dans une zone de ladite au moins une dalle située au-dessus du puits de manutention verticale (Z1, Z2).

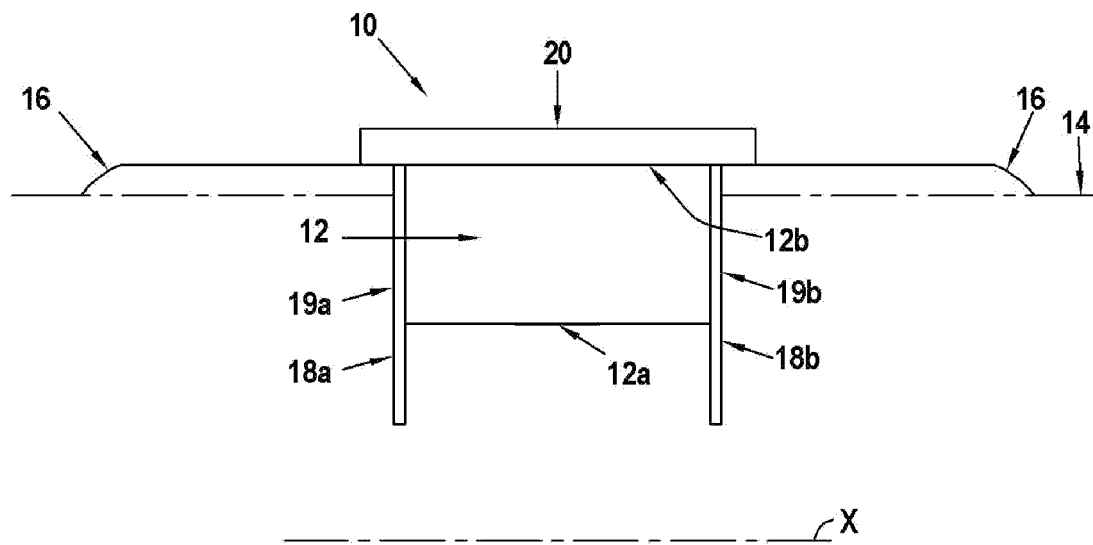
[Revendication 9]

Installation nucléaire enterrée selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que ladite au moins une piscine d'entreposage de combustible nucléaire (PECN) est disposée de manière adjacente audit au moins un bâtiment réacteur.

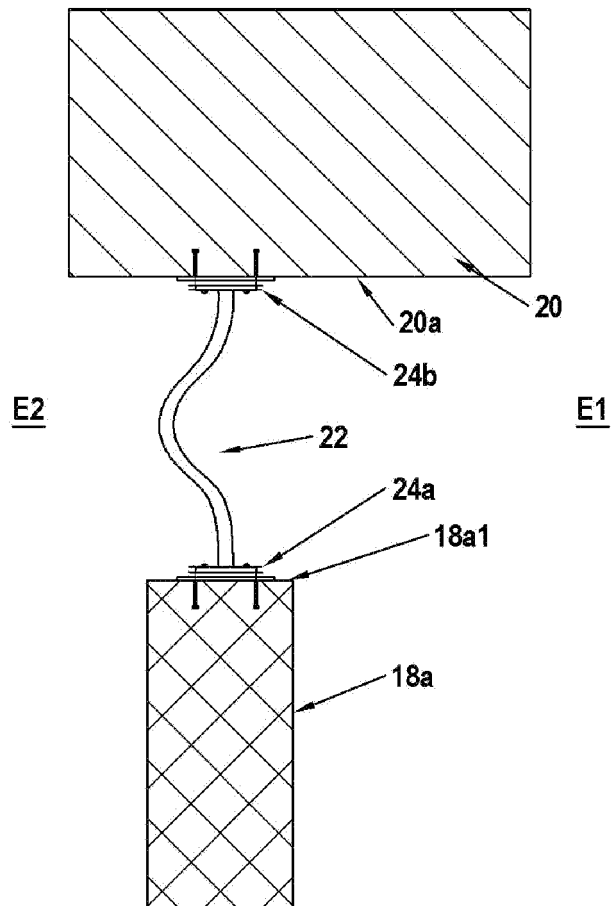
- [Revendication 10] Installation nucléaire enterrée selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que ladite au moins une dalle de protection est formée d'une dalle (20 ; 20' ; 20'' ; 20.1 ; 120 ; 320) ou de deux demi-dalles (20.2a, 20.2b) qui sont fixées l'une à l'autre.
- [Revendication 11] Installation nucléaire enterrée selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que ladite au moins une dalle de protection est configurée pour pouvoir être retirée ultérieurement en cas de modification ou de démantèlement de l'installation.
- [Revendication 12] Installation nucléaire enterrée selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que les dispositifs d'isolation sismique (DIS, DIS') comprennent chacun une ou plusieurs boîtes à ressorts (BAR).
- [Revendication 13] Installation nucléaire enterrée selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que les dispositifs d'isolation sismique (DIS, DIS') sont répartis de la manière la plus uniforme possible et en fonction des charges verticales à supporter entre ladite au moins une dalle support et le fond du puits.
- [Revendication 14] Installation nucléaire enterrée selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que les dispositifs d'isolation sismique (DIS, DIS') sont montés sur des massifs ou des plots en béton armé qui reposent sur le fond du puits.
- [Revendication 15] Installation nucléaire enterrée selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que les dispositifs d'isolation sismique (DIS, DIS') sont configurés pour amortir des ondes vibratoires verticales et/ou horizontales.
- [Revendication 16] Installation nucléaire enterrée selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que le puits vertical (12) a une forme générale rectangulaire ou circulaire suivant une vue prise dans un plan horizontal.
- [Revendication 17] Installation nucléaire enterrée selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce qu'elle comprend un ou plusieurs équipements ou bâtiments disposés sur ladite au moins une dalle de protection.
- [Revendication 18] Installation nucléaire enterrée selon la revendication précédente, caractérisée en ce que le ou les équipements ou bâtiments disposés sur ladite au moins une dalle de protection sont configurés pour assurer des fonctions de support au fonctionnement du réacteur nucléaire et de l'ensemble de l'installation nucléaire.

[Revendication 19] Installation nucléaire enterrée selon la revendication 17 ou 18, caractérisée en ce que le ou les équipements ou bâtiments disposés sur ladite au moins une dalle de protection comprennent au moins un des éléments suivants : une salle de conduite de l'installation nucléaire, un bâtiment assurant des fonctions de ventilation, un bâtiment assurant des fonctions de refroidissement, une salle contenant des armoires de contrôle et de commande pour des fonctions de support à l'exploitation et de production d'électricité, une salle d'instrumentation, une salle de distribution électrique des courants forts, une salle de distribution électrique des courants faibles et des batteries/onduleurs, une salle de vannes et d'échangeurs, une salle de moteurs diesel de premier secours.

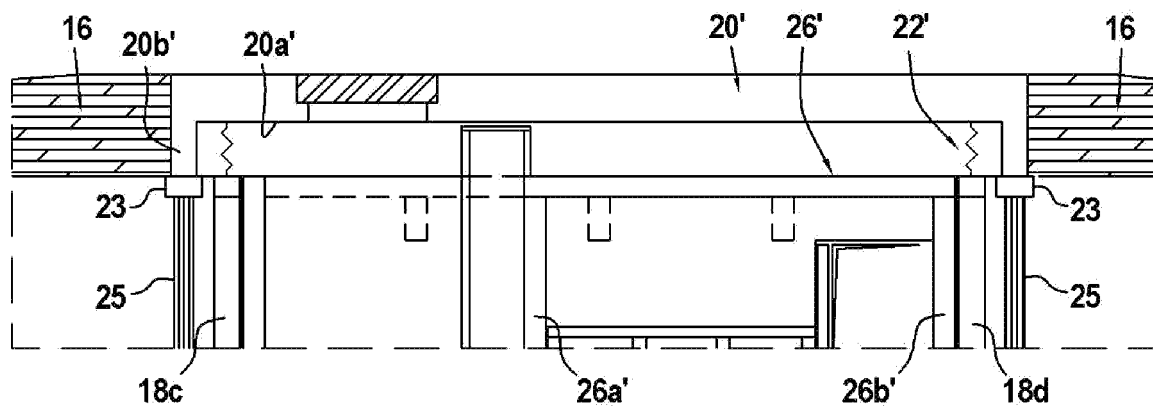
[Fig. 1]



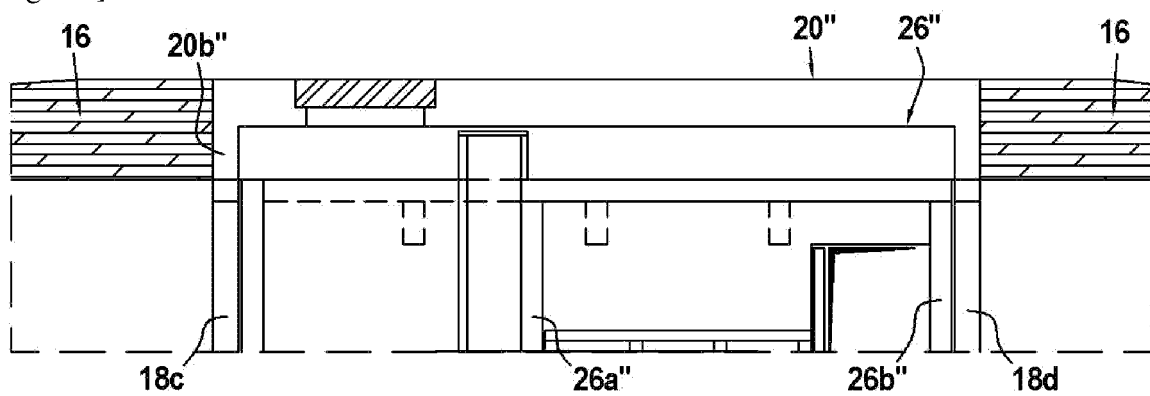
[Fig. 2A]



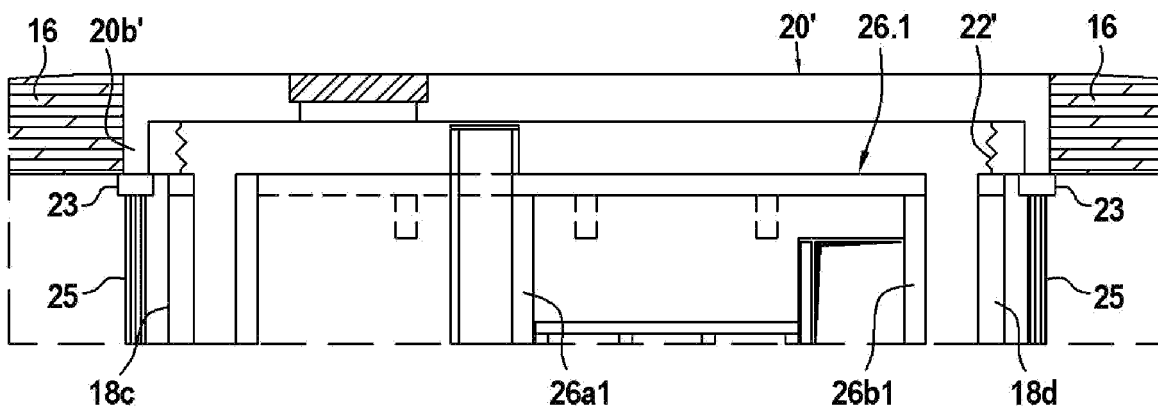
[Fig. 2B]



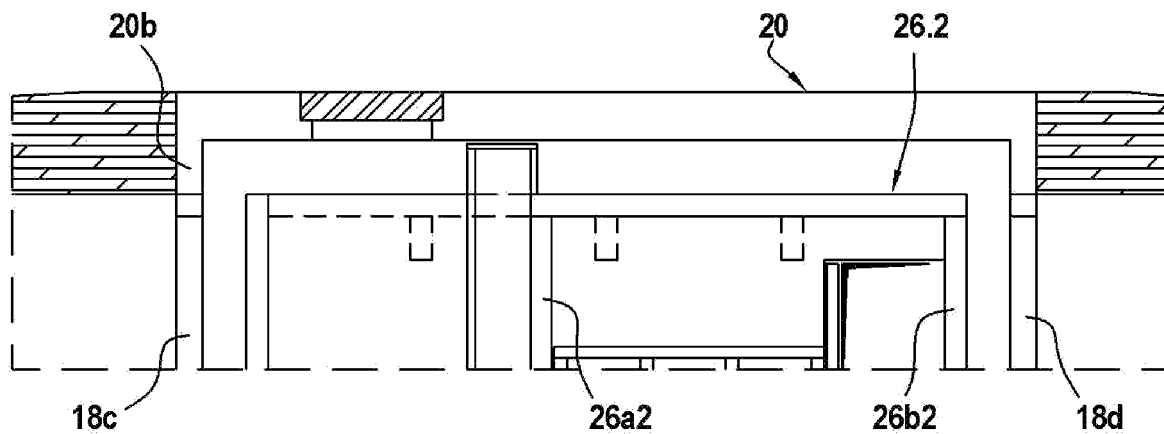
[Fig. 2C]



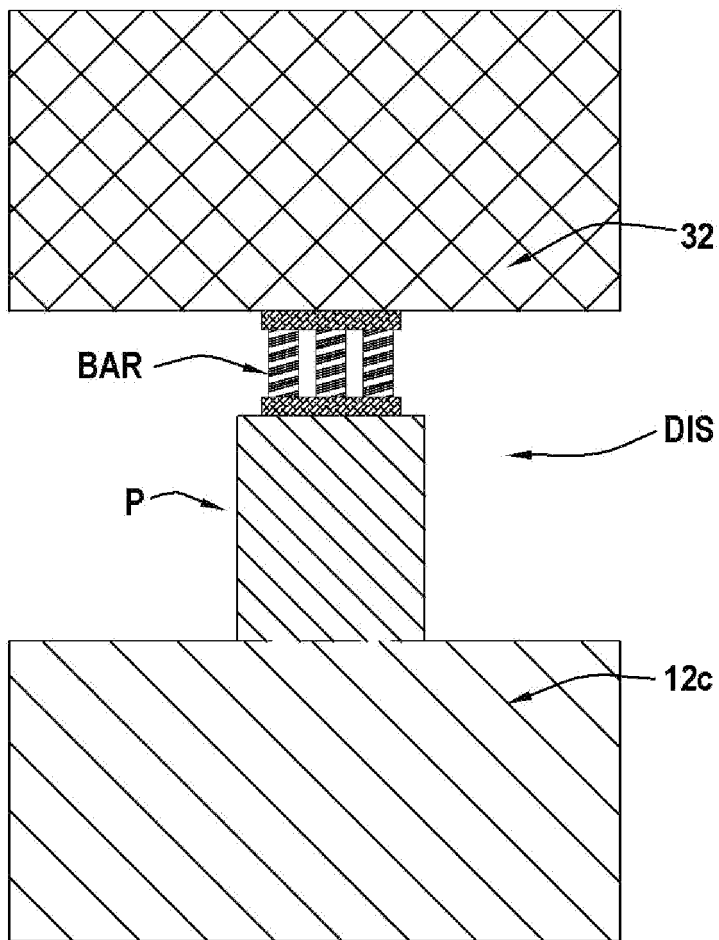
[Fig. 2D]



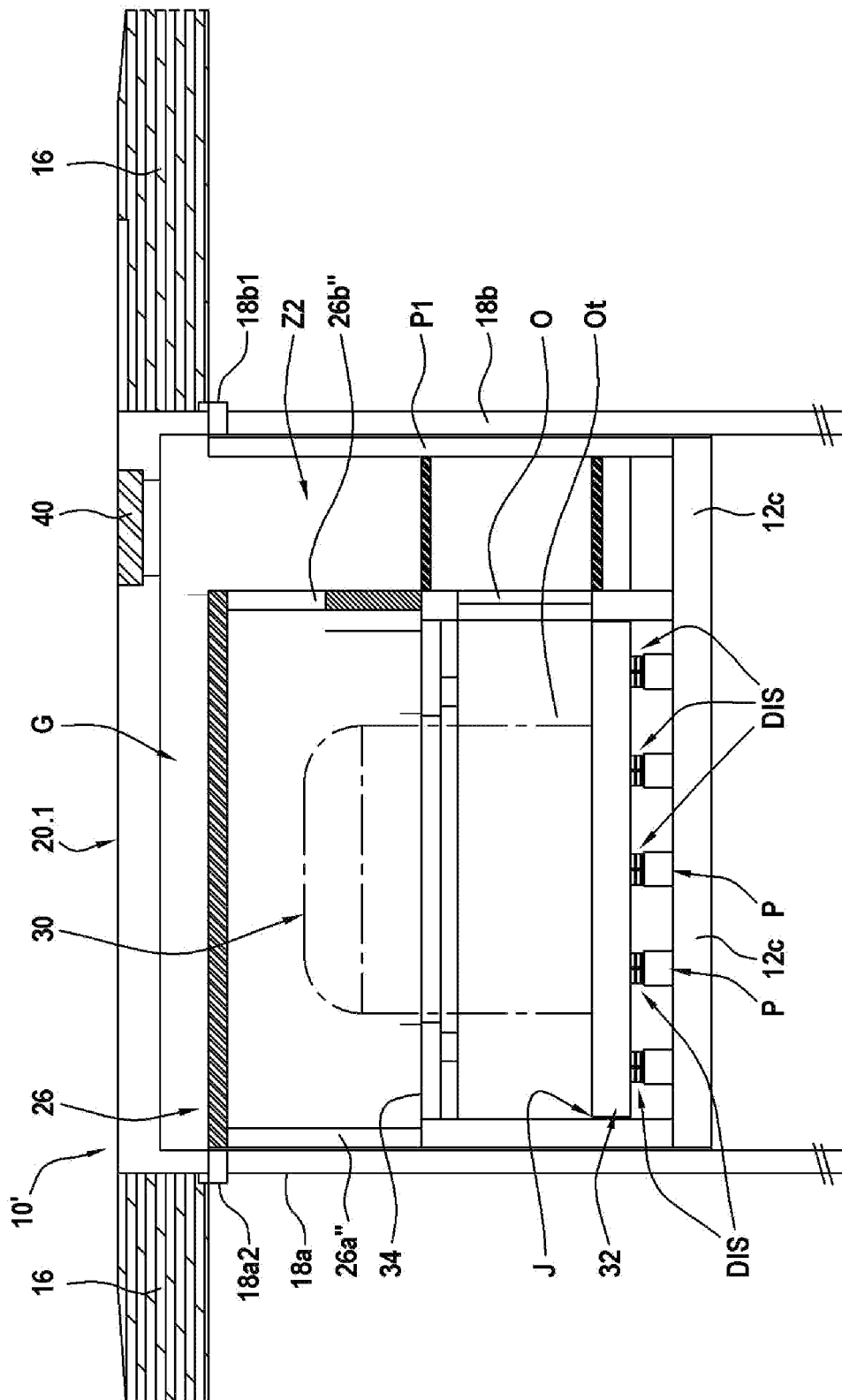
[Fig. 2E]



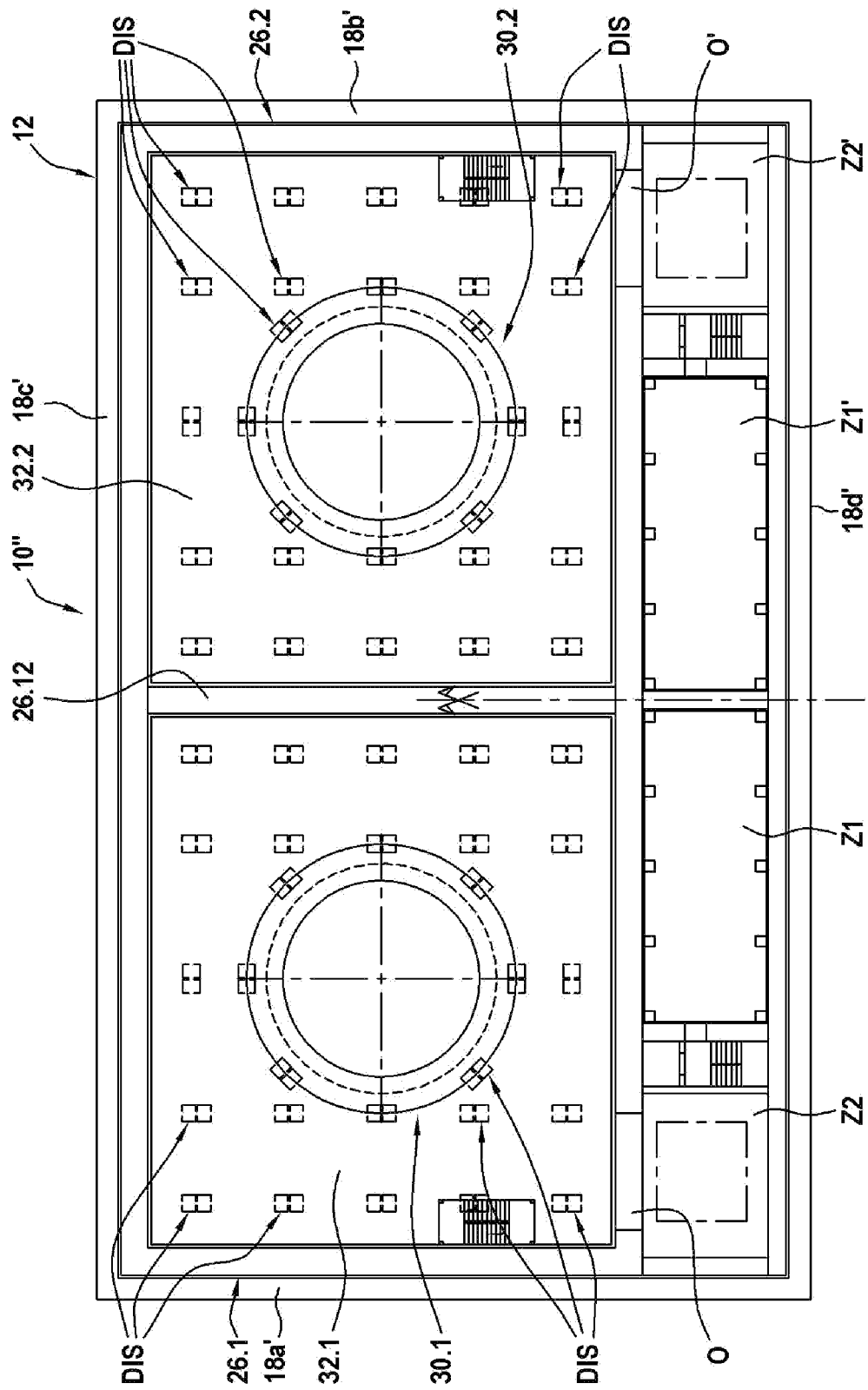
[Fig. 3A]



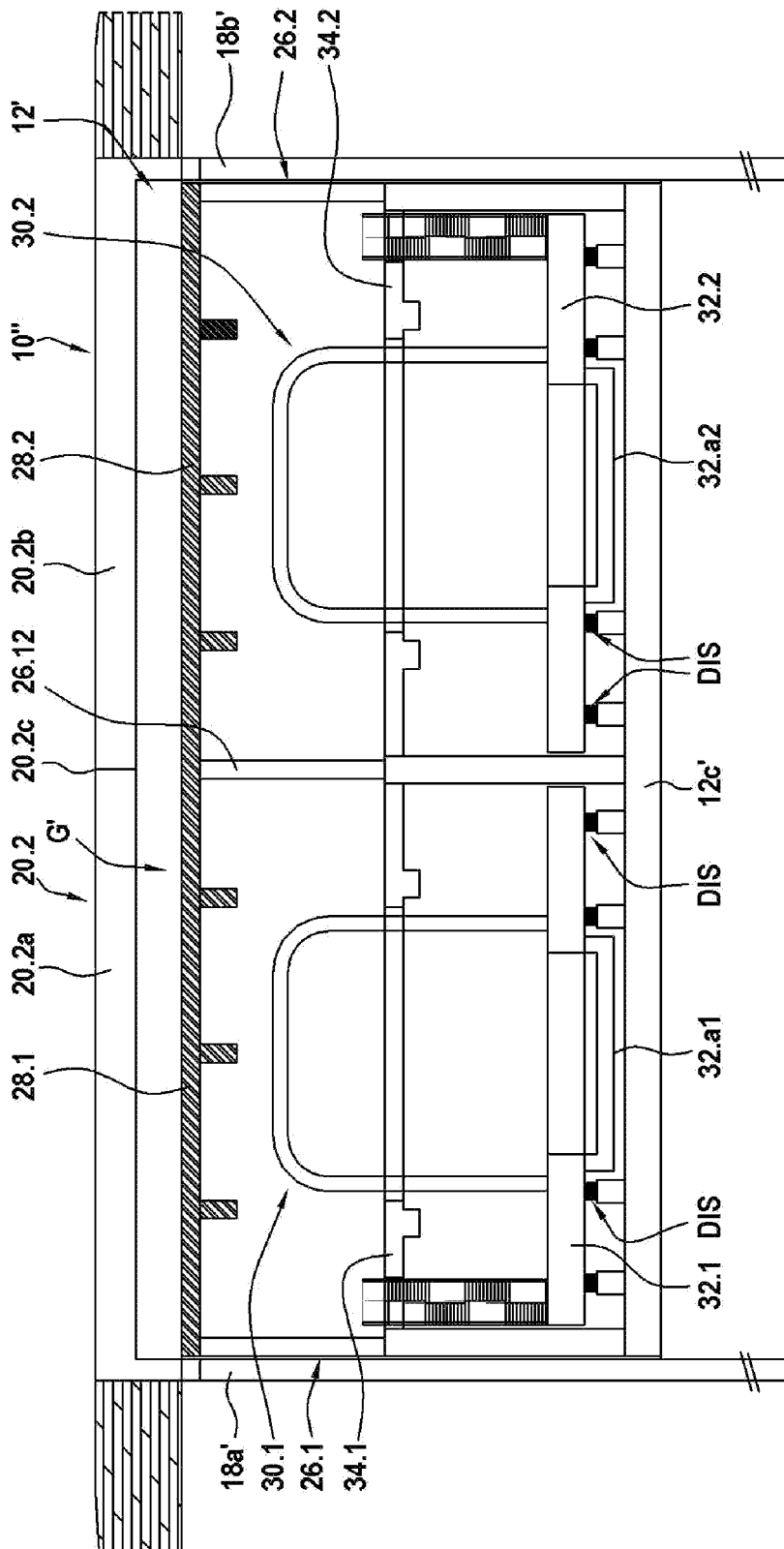
[Fig. 4]



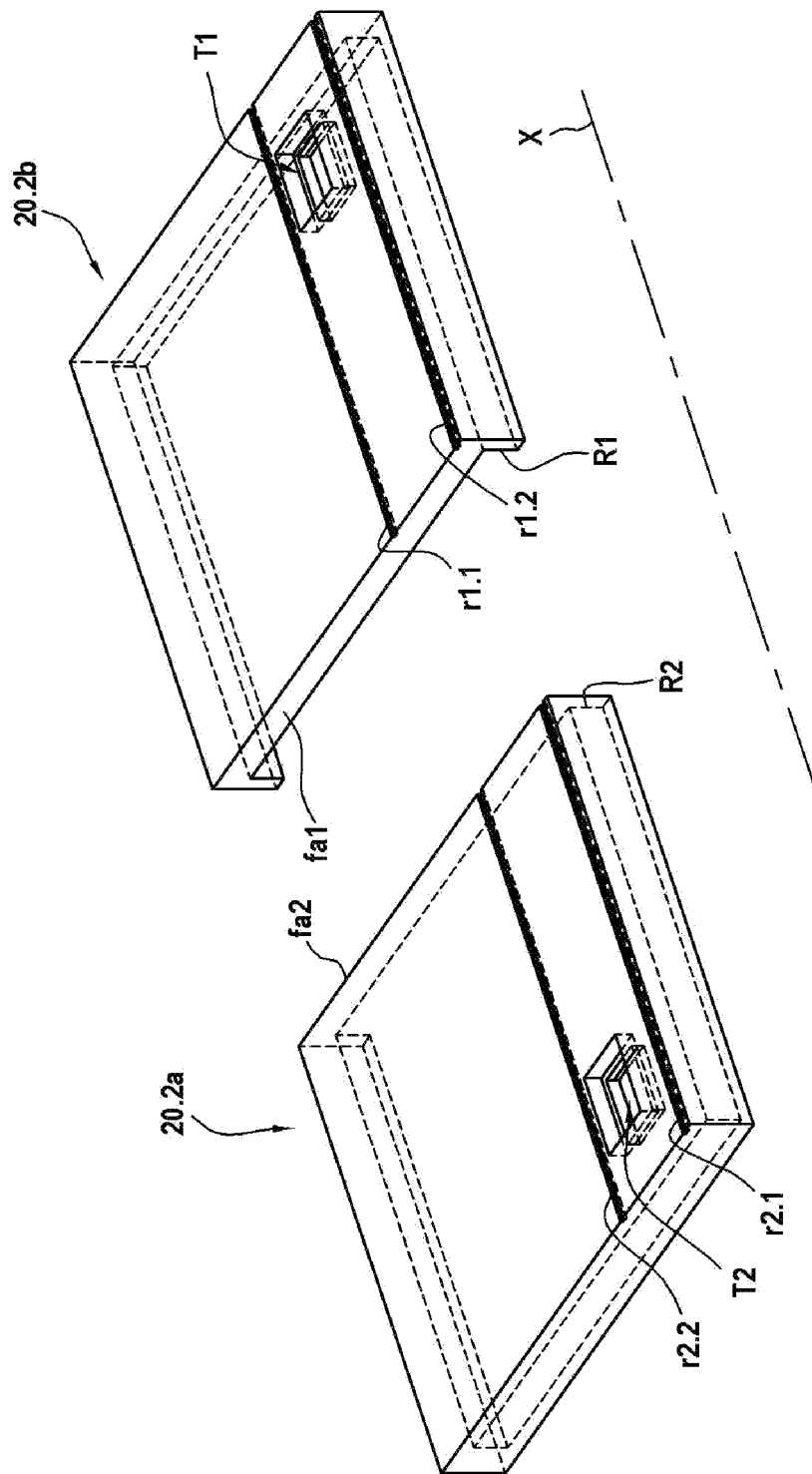
[Fig. 5]



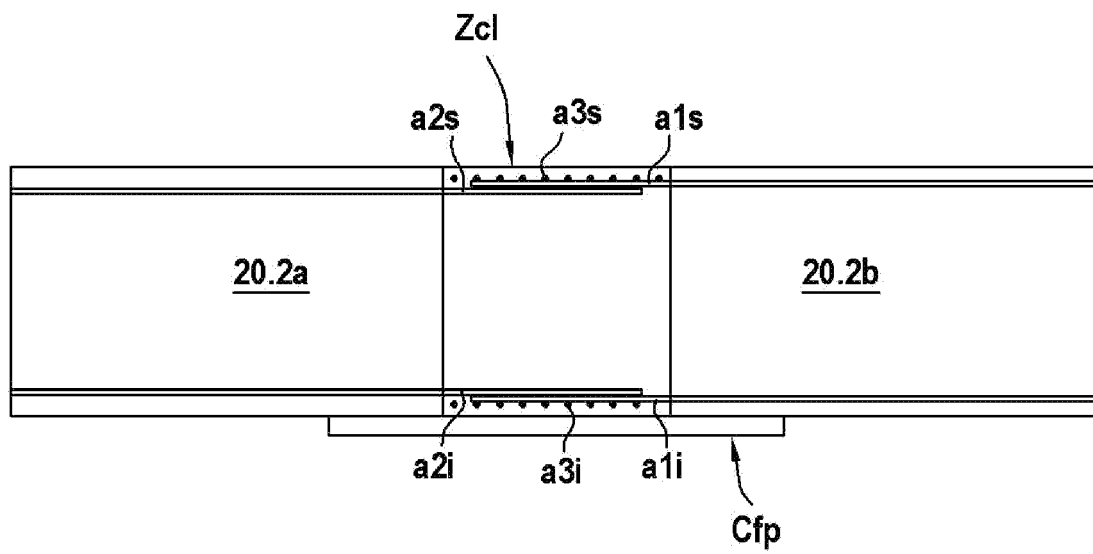
[Fig. 6]



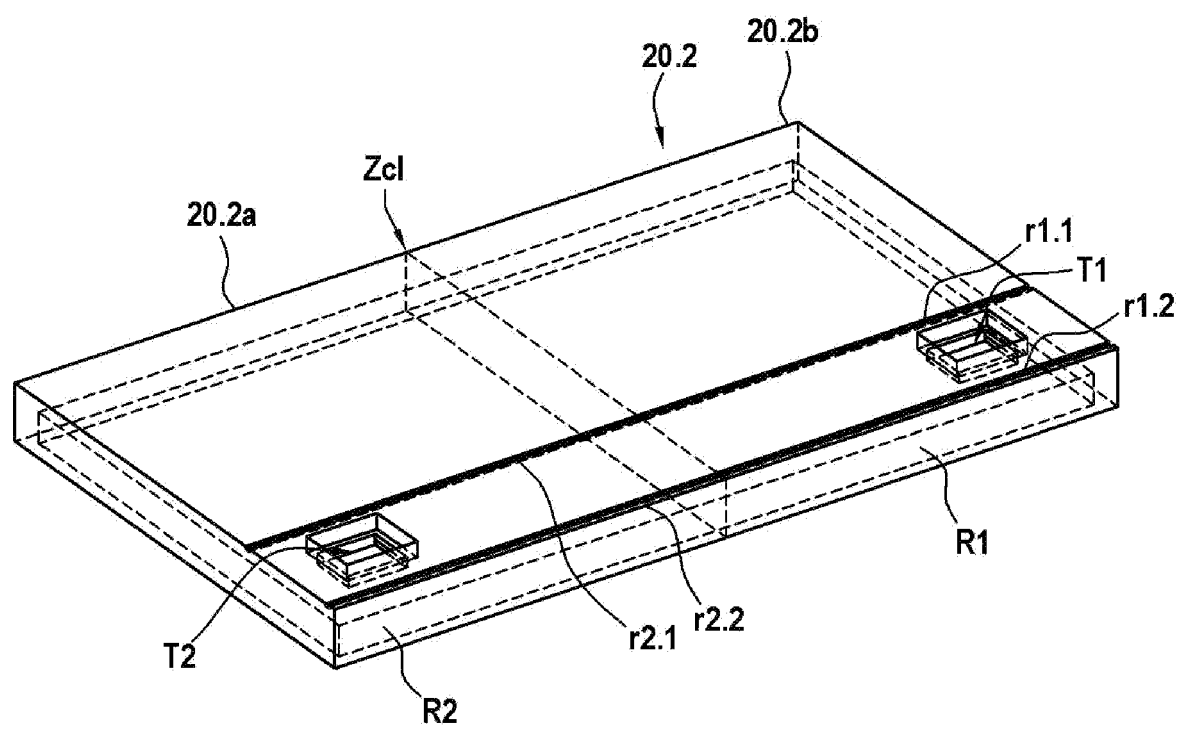
[Fig. 6A]



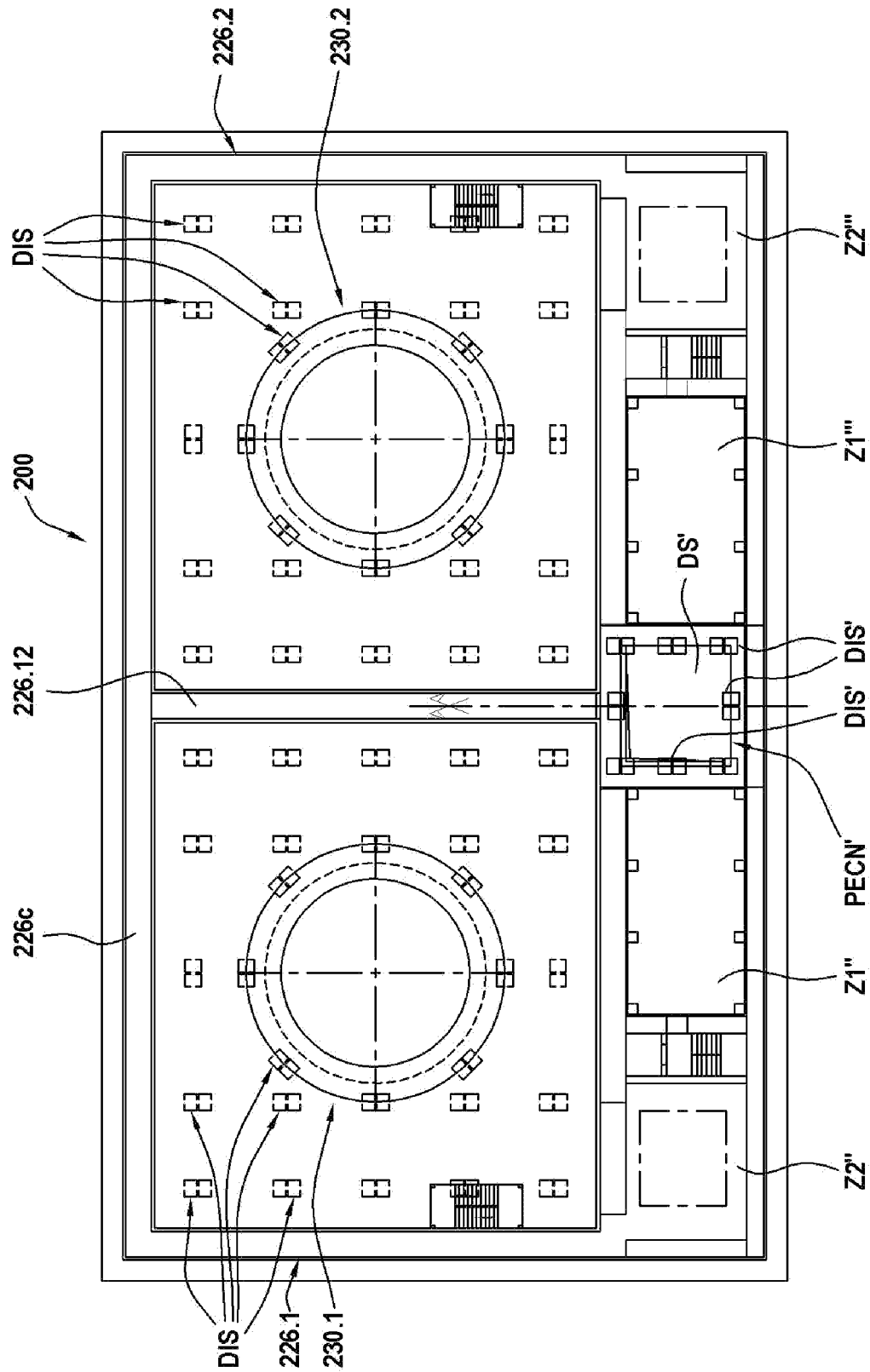
[Fig. 6B]



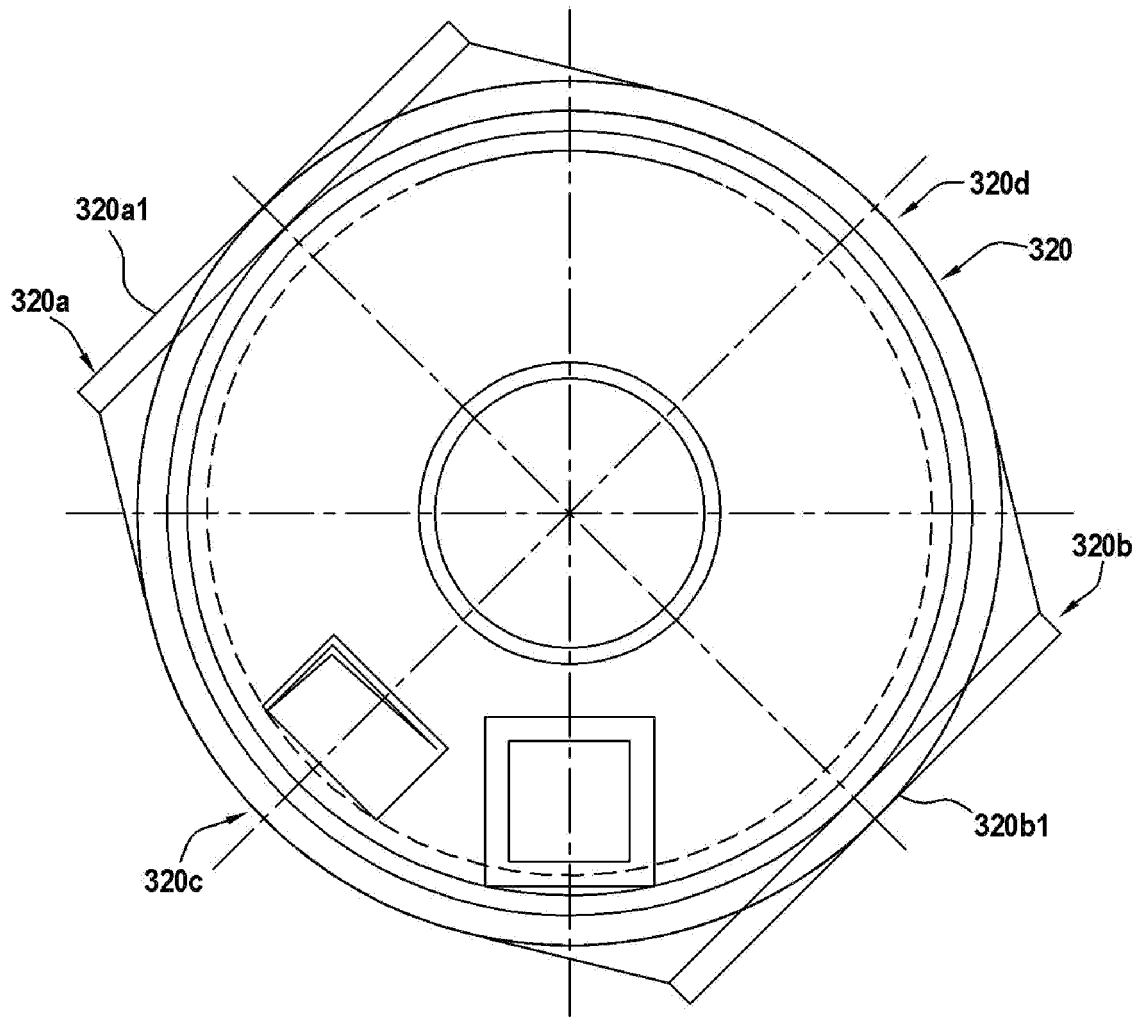
[Fig. 6C]



[Fig. 8]



[Fig. 11]



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE PARTIEL

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

voir FEUILLE(S) SUPPLÉMENTAIRE(S)

N° d'enregistrement
national

FA 921512

FR 2307469

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendications concernées	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	WO 2017/178649 A2 (SOCIÉTÉ TECHNIQUE POUR L'ENERGIE ATOMIQUE [FR]) 19 octobre 2017 (2017-10-19) * abrégé; figures 1-3 * * alinéas [0022], [0022] * -----	1, 2	G21C 13/02 G21C 13/073 G21C 19/19 G21C 9/00 G21D 3/04
X	US 2020/027594 A1 (HUNT BRIAN S [US] ET AL) 23 janvier 2020 (2020-01-23) * abrégé; figures 1-3 * * page 8, ligne 219 - page 24 * * page 14, lignes 13-21 * * page 23, lignes 20-33 * -----	1, 2	
A	WO 2016/031322 A1 (MITSUBISHI HEAVY IND LTD [JP]) 3 mars 2016 (2016-03-03) * abrégé; figure 1 * * alinéas [0037] - [0040] * -----	1, 2	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) G21C G21D F16F E04H
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
10 janvier 2024		Manini, Adriano	
CATÉGORIE 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 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	

**ABSENCE D'UNITÉ D'INVENTION
FEUILLE SUPPLÉMENTAIRE B**

Numéro de la demande

**FA 921512
FR 2307469**

La division de la recherche estime que la présente demande de brevet ne satisfait pas à l'exigence relative à l'unité d'invention et concerne plusieurs inventions ou pluralités d'inventions, à savoir :

1. revendications: 1, 2

Installation nucléaire enterrée avec bâtiment réacteur
comprenant un toit couvrant l'enceinte du réacteur

2. revendications: 3-6

Installation nucléaire enterrée avec des parois verticales
qui bordent l'intérieur du puits et la dalle de protection
étant en appui vertical directement sur un remblai ou
directement/indirectement sur les parois verticales

3. revendications: 7, 8

Installation nucléaire enterrée avec un puits de manutention
verticale

4. revendication: 9

Installation nucléaire enterrée avec une piscine
d'entreposage de combustible nucléaire

5. revendications: 10, 11

Installation nucléaire enterrée avec la dalle de protection
formé d'une dalle, de deux demi-dalles ou elle est
configurée pour pouvoir être retirée en cas de modification
ou de démantèlement de l'installation

6. revendications: 12-15

Installation nucléaire enterrée avec les dispositifs
d'isolation sismique spécifiques bien définis

7. revendication: 16

Installation nucléaire enterrée avec le puits vertical ayant
une forme générale rectangulaire ou circulaire

8. revendications: 17-19

Installation nucléaire enterrée comprenant un ou plusieurs
équipements ou bâtiments disposés sur la dalle de protection

**ABSENCE D'UNITÉ D'INVENTION
FEUILLE SUPPLÉMENTAIRE B**

Numéro de la demande

FA 921512

FR 2307469

La division de la recherche estime que la présente demande de brevet ne satisfait pas à l'exigence relative à l'unité d'invention et concerne plusieurs inventions ou pluralités d'inventions, à savoir :

La première invention a été recherchée.

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE **RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2307469 FA 921512**

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 **10-01-2024**
 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
WO 2017178649 A2	19-10-2017	CA	3019870	A1		19-10-2017
		EP	3443561	A2		20-02-2019
		ES	2809158	T3		03-03-2021
		FR	3050220	A1		20-10-2017
		HU	E051273	T2		01-03-2021
		PL	3443561	T3		25-01-2021
		WO	2017178649	A2		19-10-2017

US 2020027594 A1	23-01-2020	EP	3721448	A1		14-10-2020
		JP	2021513052	A		20-05-2021
		US	2020027594	A1		23-01-2020
		WO	2019112991	A1		13-06-2019

WO 2016031322 A1	03-03-2016	JP	2016044483	A		04-04-2016
		WO	2016031322	A1		03-03-2016
