

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 979 741

②1 N° d'enregistrement national : 11 57819

⑤1 Int Cl⁸ : G 21 C 17/06 (2013.01), G 21 C 17/00

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 02.09.11.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 08.03.13 Bulletin 13/10.

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 :

⑦1 Demandeur(s) : AREVA NP Société par actions simpli-
fiée — FR.

⑦2 Inventeur(s) : PAIN MICHEL et BOUVARD OLIVIER.

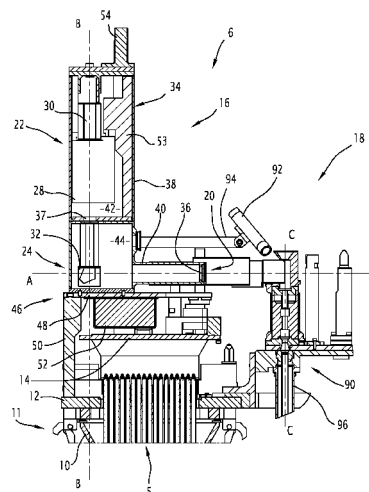
⑦3 Titulaire(s) : AREVA NP Société par actions simpli-
fiée.

⑦4 Mandataire(s) : CABINET LAVOIX Société par actions
simplifiée.

⑤4 DISPOSITIF D'EXAMEN POUR L'EXAMEN DE COMPOSANTS DE REACTEUR NUCLEAIRE.

⑤7 Ce dispositif d'examen pour l'examen de composants de réacteur nucléaire sous eau est du type comprenant un dispositif de prise d'image (16) comprenant une entrée optique (20) présentant un axe optique d'entrée (A-A), un appareil de prise d'image (22) comprenant un capteur (30) et un objectif optique (28), possédant un axe optique de prise d'image (B-B).

Selon un aspect de l'invention, il comprend un dispositif de renvoi optique (24) disposé entre l'entrée optique (20) et l'appareil de prise d'image (22), le dispositif de renvoi optique (24) comprenant au moins un élément de renvoi optique (32) pour dévier les rayons lumineux pénétrant dans l'entrée optique (20) et les diriger vers l'appareil de prise d'image (22).



FR 2 979 741 - A1



Dispositif d'examen pour l'examen de composants de réacteur nucléaire

La présente invention concerne un dispositif d'examen pour l'examen de composants de réacteur nucléaire sous eau, du type comprenant un dispositif de prise d'image comprenant une entrée optique présentant un axe optique d'entrée, un appareil de prise d'image comprenant un capteur et un objectif optique, possédant un axe optique de prise d'image.

L'examen optique sous eau de composants de réacteur nucléaire est utilisé pour surveiller le comportement en service de ces composants afin de détecter d'éventuels défauts nécessitant une intervention telle que par exemple, pour un assemblage de combustible nucléaire, une réparation ou, à défaut, un retrait d'un crayon de combustible ou de l'assemblage de combustible comportant un composant endommagé.

De tels examens sont également conduits sur les grappes de commande ou les grappes fixes d'un réacteur nucléaire et en particulier sur leurs crayons, ainsi que sur d'autres composants irradiés du réacteur.

Un examen optique peut se faire par l'intermédiaire d'un dispositif de prise d'image tel qu'une caméra ou un appareil photo. Typiquement un examen optique est réalisé avec une caméra à tube classique de façon à bénéficier d'une certaine tenue des composants optiques et électroniques aux rayonnements ionisants, ou radiations, produits par les composants irradiés et en particulier, mais pas seulement, par la colonne fissile des crayons de combustible nucléaire. La résolution d'une telle caméra est cependant relativement faible et les défauts de faible taille (inférieure à 50 μm) sont difficilement détectés.

Afin de réaliser un examen précis, il est souhaitable d'améliorer la qualité, et notamment la définition et la résolution, des images prises.

Néanmoins, les capteurs de plus grande définition sont également plus sensibles aux radiations susceptibles d'être émises par les composants irradiés et en particulier par les crayons de combustible nucléaire, ce qui altère *in fine* la qualité des images prises et réduit drastiquement la durée de vie du dispositif de prise d'image.

Un but de la présente invention est de proposer un dispositif d'examen permettant d'obtenir des images précises de composants de réacteur nucléaire irradiés et en particulier de crayons de combustible nucléaire.

A cet effet, l'invention propose un dispositif d'examen pour l'examen de composants de réacteur nucléaire sous eau, du type comprenant un dispositif de prise d'image comprenant une entrée optique présentant un axe optique d'entrée, un appareil de prise d'image comprenant un capteur et un objectif optique, possédant un axe optique de prise d'image, caractérisé en ce qu'il comprend un dispositif de renvoi optique disposé

entre l'entrée optique et l'appareil de prise d'image, le dispositif de renvoi optique comprenant au moins un élément de renvoi optique pour dévier les rayons lumineux pénétrant dans l'entrée optique et les diriger vers l'appareil de prise d'image.

5 Selon d'autres modes de réalisation, le dispositif d'examen comprend une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prise(s) isolément ou selon toutes les combinaisons techniquement possibles :

- le dispositif de renvoi optique comprend un élément de renvoi optique prévu sous la forme d'un prisme ;
- le dispositif de renvoi optique comprend un unique élément de renvoi optique ;
- 10 - l'axe optique d'entrée et l'axe optique de prise d'image sont perpendiculaires ;
- il comprend un dispositif de positionnement pour positionner un composant de réacteur nucléaire suivant un axe de positionnement en regard de l'entrée optique, comprenant un manchon tubulaire s'étendant suivant l'axe de positionnement et propre à recevoir le composant avec possibilité de coulissement relatif suivant l'axe de
- 15 positionnement, le manchon possédant une ouverture latérale pour la prise d'image du composant au travers de l'ouverture latérale ;
- l'axe de positionnement est perpendiculaire à l'axe optique d'entrée ;
- le manchon comprend une paroi interne mate, de préférence de couleur sombre ;
- le manchon comprend un orifice d'entrée en entonnoir pour l'insertion du
- 20 composant ;
- il comprend un dispositif anti-convection propre à empêcher des mouvements de l'eau entre l'entrée optique et le composant à examiner ;
- le dispositif de prise d'image comprend un compartiment étanche rempli de gaz, notamment rempli d'air, dans lequel est reçu l'appareil de prise d'image ;
- 25 - le dispositif de prise d'image comprend un compartiment étanche rempli de liquide, notamment rempli d'eau ou d'un mélange d'eau et d'alcool, dans lequel est disposé le dispositif de renvoi optique ;
- il comprend un vase d'expansion relié au compartiment étanche rempli de liquide ;
- 30 - il comprend une base de fixation pour la fixation du dispositif de prise d'image sur l'extrémité supérieure d'une alvéole de réception d'un assemblage de combustible nucléaire ;
- il comprend au moins un blindage de protection contre les radiations ;
- il comprend au moins un blindage axial de protection de l'appareil de prise
- 35 d'image contre des radiations suivant l'axe optique de prise d'image et/ou au moins un

blindage latéral de protection de l'appareil de prise d'image contre des radiations transversalement à l'axe optique de prise d'image ; et

- le composant de réacteur nucléaire à examiner est un crayon de combustible nucléaire.

5 L'invention concerne également un système d'examen comprenant une alvéole délimitant un logement de réception s'étendant suivant une direction longitudinale entre un embout inférieur et un embout supérieur et un dispositif d'examen tel que défini ci-dessus, fixé sur l'embout supérieur de l'alvéole.

10 L'invention et ses avantages seront mieux compris à la lecture de la description qui va suivre relative à la mise en œuvre de l'invention pour l'examen de crayons de combustible nucléaire, donnée uniquement à titre d'exemple, et faite en référence aux dessins annexés sur lesquels :

- la Figure 1 est une vue schématique en perspective d'un système d'examen comprenant un dispositif d'examen selon l'invention ;

15 - la Figure 2 est une vue partielle en coupe du système d'examen de la Figure 1, illustrant le dispositif d'examen ;

- la Figure 3 est une vue en perspective éclatée du dispositif d'examen de la Figure 1 ; et

20 - la Figure 4 est une vue en coupe d'un dispositif de positionnement du dispositif d'examen de la Figure 1.

Le système d'examen 2 représenté sur la Figure 1 comprend un dispositif de manutention 4 permettant de déplacer un assemblage de combustible nucléaire 5 dans une piscine de désactivation d'un réacteur nucléaire, et un dispositif d'examen 6 pour l'examen individuel de crayons de combustible nucléaire de l'assemblage de combustible nucléaire 5.

Le dispositif de manutention 4 comprend une alvéole 7 de réception d'un assemblage de combustible nucléaire 5. L'alvéole 7 définit un logement de réception d'un assemblage de combustible nucléaire 5 s'étendant suivant une direction longitudinale, en pratique verticale.

30 L'alvéole 7 comprend des montants 8, en forme de cornière, s'étendant verticalement et délimitant entre eux le logement, un embout inférieur 9 fermant l'extrémité inférieure de l'alvéole 7 et un embout supérieur 10 tubulaire délimitant une ouverture supérieure permettant d'introduire un assemblage de combustible nucléaire 5 dans l'alvéole 7 ou de l'en extraire. L'embout supérieur 10 s'évase vers le haut pour
35 faciliter l'insertion de l'assemblage de combustible nucléaire 5 dans l'alvéole 7.

Le dispositif de manutention 4 comprend un ensemble de support 11 prévu pour servir de support à différents équipements pour l'examen de l'assemblage de combustible nucléaire 5 et la réparation éventuelle de crayons de combustible nucléaire.

5 L'ensemble de support 11 comprend un cadre de support 12 posé et fixé sur l'embout supérieur 10. L'ensemble de support 11 comprend également une plaque percée 14 horizontale reposant sur le cadre de support 12 par l'intermédiaire de quatre pieds 15, dont seuls deux sont visibles sur la Figure 1 et comportant deux colonnes de guidage 17.

10 Le dispositif d'examen 6 comporte des canons de guidage (non visibles) qui coopèrent avec les colonnes de guidage 17 de la plaque percée 14 pour positionner latéralement le dispositif d'examen 6. Le dispositif d'examen 6 est posé et si nécessaire fixé sur le cadre de support 12.

15 Tel qu'illustré sur la Figure 2, le dispositif d'examen 6 comprend un dispositif de prise d'image 16 pour prendre des images de crayons de combustible nucléaire et un dispositif de positionnement 18 pour positionner un crayon de combustible nucléaire lors de la prise d'images de ce crayon.

20 Le dispositif de prise d'image 16 comprend une entrée optique 20 possédant un axe optique d'entrée A-A, un appareil de prise d'image 22 possédant un axe optique de prise d'image B-B et un dispositif de renvoi optique 24 disposé entre l'entrée optique 20 et l'appareil de prise d'image 22 de façon à dévier les rayons lumineux pénétrant dans l'entrée optique 20 suivant l'axe optique d'entrée A-A avant de les diriger vers l'appareil de prise d'image 22 suivant l'axe optique de prise d'image B-B.

Le dispositif de prise d'image 16 est adapté pour prendre des images d'un tronçon d'un crayon de combustible nucléaire disposé en regard de l'entrée optique 20 suivant l'axe optique d'entrée A-A.

25 L'appareil de prise d'image 22 est du type caméra ou appareil photo. Il comprend un objectif optique 28 d'axe l'axe optique de prise d'image B-B et un capteur 30. Le capteur 30 est un capteur photosensible haute définition, par exemple de type CCD ou CMOS, et de préférence un capteur CMOS, moins sensible aux radiations nucléaires.

30 L'axe optique de prise d'image B-B fait un angle avec l'axe optique d'entrée A-A. L'axe optique de prise d'image B-B est ici vertical et l'axe optique d'entrée A-A horizontal. Le dispositif de renvoi optique 24 est propre à recevoir les rayonnements entrant horizontalement par l'entrée optique 20 et à dévier les rayons lumineux verticalement vers le haut suivant l'axe optique de prise d'image B-B, tout en laissant passer les radiations nucléaires selon l'axe optique d'entrée A-A, ce qui protège le capteur 30 des radiations
35 dommageables.

Le dispositif de renvoi optique 24 est distinct et séparé de l'appareil de prise d'image 22. Il est disposé sur le chemin optique entre l'entrée optique 20 et l'appareil de prise d'image 22.

5 Dans la mise en œuvre illustrée, le dispositif de renvoi optique 24 comprend un unique élément de renvoi optique 32. L'élément de renvoi optique 32 est disposé sensiblement à l'intersection de l'axe optique d'entrée A-A et de l'axe optique de prise d'image B-B. L'élément de renvoi optique 32 peut être prévu sous la forme d'un miroir ou, de préférence, d'un prisme de façon à bénéficier d'un dispositif de renvoi optique 24 de très bonne qualité à moindre coût. En variante, le dispositif de renvoi optique 24 peut
10 comprendre si nécessaire plusieurs éléments de renvoi optique 32 successifs disposés de façon à dévier les rayons lumineux entrant par l'entrée optique 20 selon l'axe optique d'entrée A-A vers l'appareil de prise d'image 22 selon l'axe optique de prise d'image B-B.

Le dispositif de prise d'image 16 comprend un ensemble boîtier 34 étanche et une lentille d'entrée 36 disposée sur l'ensemble boîtier 34 et définissant l'entrée optique 20 du
15 dispositif de prise d'image 16. L'appareil de prise d'image 22 et le dispositif de renvoi optique 24 sont logés dans l'ensemble boîtier 34.

L'ensemble boîtier 34 comprend une enceinte 38 allongée suivant l'axe optique de prise d'image B-B, dans laquelle sont logés l'appareil de prise d'image 22 et le dispositif de renvoi optique 24. L'ensemble boîtier 34 comprend une extension 40 tubulaire
20 s'étendant en saillie à partir d'une extrémité inférieure de l'enceinte 38 suivant l'axe optique d'entrée A-A, l'extension 40 portant à son extrémité libre la lentille d'entrée 36.

L'ensemble boîtier 34 est divisé en un premier compartiment étanche rempli de gaz 42 contenant l'appareil de prise d'image 22, un deuxième compartiment étanche rempli de liquide 44, contenant le dispositif de renvoi optique 24.

25 Le gaz contenu dans le premier compartiment est avantageusement de l'air sec pour éviter tout risque d'humidité et de formation de buée lors des changements de température. Il peut aussi s'agir de gaz sec et de préférence d'un gaz neutre tel que l'azote.

Le liquide contenu dans le deuxième compartiment est avantageusement de l'eau, notamment de l'eau déminéralisée. Il peut aussi s'agir d'un mélange d'eau déminéralisée
30 et d'alcool afin d'abaisser le point de congélation et éviter tout risque de gel en particulier lors des transports hivernaux. Dans ce cas, l'alcool doit être choisi pour se mélanger parfaitement avec l'eau sans opalescence, c'est le cas par exemple de l'alcool isopropylique. La présence de liquide et en particulier d'eau dans le deuxième
35 compartiment permet d'augmenter la protection biologique de la caméra et de bénéficier d'une meilleure focale avec un champ optique plus étroit.

L'ensemble boîtier 34 comprend une lentille intermédiaire 37 disposée dans une cloison séparant le compartiment étanche rempli de gaz 42 et le compartiment étanche rempli de liquide 44 de façon à permettre le passage des rayons lumineux sortant du dispositif de renvoi optique 24 vers l'appareil de prise d'image 22. L'extension 40 fait partie du compartiment étanche rempli de liquide 44. En variante, l'ensemble boîtier 34 comprend un unique compartiment étanche rempli de gaz et contenant l'appareil de prise d'image 22 et le dispositif de renvoi optique 24. Dans ce cas, la position de l'appareil de prise d'image 22 est modifiée pour conserver le champ optique choisi et l'épaisseur des blindages décrits par la suite est ajustée pour assurer la protection du capteur 30 vis-à-vis des radiations.

Comme visible sur la Figure 3, lorsque l'ensemble boîtier 34 comprend un compartiment étanche rempli de liquide 44, le dispositif de prise d'image 16 comprend un vase d'expansion 45 sous la forme d'un tube raccordé fluidiquement au compartiment étanche rempli de liquide 44 et s'étendant vers le haut à partir du compartiment étanche rempli de liquide 44 pour permettre la dilatation du liquide contenu dans le compartiment étanche rempli de liquide 44 sans augmentation significative de la pression du liquide.

En référence aux Figures 2 et 3, le dispositif de prise d'image 16 comprend une base de fixation 46 permettant la fixation du dispositif de prise d'image 16 sur l'ensemble de support 11. La base de fixation 46 comprend une plaque de support 48 et des jambes d'appui 50 s'étendant vers le bas à partir de la plaque de support 48. La base de fixation 46 comprend plusieurs jambes d'appui 50, une seule étant visible sur la Figure 2 et deux sur la Figure 3. Les jambes d'appui 50 sont prévues pour venir en appui sur le cadre de support 12. La plaque de support 48 est propre à être posée et si nécessaire fixée sur le cadre de support 12. L'ensemble boîtier 34 est posé et fixé sur la plaque de support 48.

Dans la variante illustrée sur la Figure 2, le dispositif d'examen 2 est disposé au dessus d'un assemblage de combustible 5 positionné dans l'alvéole 7.

Le dispositif de prise d'image 16 comprend si nécessaire au moins un blindage pour protéger l'appareil de prise d'image 22 de radiations en provenance de sources de radiations susceptibles de se situer dans l'environnement du dispositif d'examen en cours d'utilisation. Chaque blindage est disposé de façon à s'interposer entre une ou plusieurs sources de radiations et l'appareil de prise d'image 22 de telle sorte que l'appareil de prise d'image 22 se situe dans un cône d'ombre du blindage vis-à-vis desdites sources de radiations.

Dans l'exemple illustré, le dispositif de prise d'image 16 comprend un blindage axial 52 pour protéger l'appareil de prise d'image 22 de radiations suivant l'axe optique de prise d'image B-B, ici en provenance du bas. Le blindage axial 52 est fixé sous la plaque

de support 48 de façon à se situer entre l'assemblage de combustible nucléaire 5 reçu dans le dispositif de manutention 4 et l'appareil de prise d'image 22. Le blindage axial 52 est ici légèrement décalé transversalement à l'axe optique de prise d'image B-B par rapport à l'appareil de prise d'image 22 de façon à définir un cône d'ombre dans lequel se situe l'appareil de prise d'image 22 vis-à-vis des radiations émises par l'assemblage de combustible nucléaire 5. En alternative, le blindage axial 52 peut être indépendant du dispositif de prise d'image 16 et fixé par exemple sur l'ensemble support 11. Le blindage axial 52 peut aussi être omis si le dispositif d'examen 2 n'est pas positionné au-dessus d'un assemblage de combustible irradié.

Dans l'exemple illustré, le dispositif de prise d'image 16 comprend également un blindage latéral 53 pour protéger l'appareil de prise d'image 22 des radiations transversales à l'axe optique de prise d'image B-B. Le blindage latéral 53 protège l'appareil de prise d'image 22 des radiations d'un crayon de combustible nucléaire en cours d'examen comme cela sera détaillé par la suite. Le blindage latéral 53 s'étend le long de l'appareil de prise d'image 22 suivant l'axe optique de prise d'image B-B. Il est plus épais au niveau de la partie électronique (capteur 30) de l'appareil de prise d'image 22 que de la partie optique (objectif optique 28), du fait que la partie électronique est plus sensible aux radiations. Le blindage latéral 53 est de préférence disposé à l'intérieur de l'enceinte 38. En variante, il est indépendant du dispositif de prise d'image 16, et peut être disposé différemment, tant que l'appareil de prise d'image 22 se situe dans le cône d'ombre du blindage latéral 53 vis-à-vis de la source de radiations correspondante, ici un crayon de combustible nucléaire en cours d'examen par le dispositif d'examen 6.

Le ou les blindages sont réalisés dans un matériau absorbant les radiations, par exemple en tungstène ou plus économiquement en plomb. Le ou les blindages au plomb en contact avec l'eau de la piscine dans laquelle est installé le système d'examen 2 sont enrobés d'acier inoxydable pour éviter tout contact entre le matériau absorbant et l'eau.

Le ou les blindages sont disposés de façon à protéger l'appareil de prise d'image 22 des radiations tout en permettant l'entrée des rayons lumineux dans le dispositif de renvoi optique 24. Dans l'exemple illustré, le blindage axial 52 et le blindage latéral 53 sont espacés l'un de l'autre pour définir entre eux une ouverture pour le passage des rayons lumineux suivant l'axe optique d'entrée A-A vers le dispositif de renvoi optique 24.

Le dispositif de prise d'image 16 comprend un organe de manutention 54 disposé sur l'extrémité supérieure de l'ensemble boîtier 34. L'organe de manutention 54 permet de saisir le dispositif de prise d'image 16 pour le manipuler et le positionner sur l'ensemble de support 11 ou l'en retirer. L'organe de manutention 54 est propre à être saisi à l'aide

d'un outil complémentaire disposé à l'extrémité d'une perche manipulée par un automate ou un opérateur.

Tel que décrit, le poids du dispositif de prise d'image 16 est compris entre 40 et 80 kg. Le dispositif de prise d'image 16 peut être équipé de flotteurs pour réduire son poids apparent en eau.

En référence à la Figure 4, le dispositif de positionnement 18 est prévu pour maintenir latéralement un crayon de combustible nucléaire (non représenté) suivant un axe de positionnement C-C vertical en regard de l'entrée optique 20 du dispositif de prise d'image 16. Le dispositif de positionnement 18 comprend un manchon 58 tubulaire s'étendant suivant l'axe de positionnement C-C et présentant une ouverture latérale 60 ouverte en direction de l'axe optique d'entrée A-A et de l'entrée optique 20 du dispositif de prise d'image 16.

Le manchon 58 est propre à recevoir un crayon de combustible nucléaire et à coulisser le long du crayon de combustible nucléaire suivant l'axe de positionnement C-C de sorte qu'un tronçon du crayon est visible par l'ouverture latérale 60. Le crayon de combustible nucléaire reste fixe, par exemple suspendu à un dispositif tel qu'un outil pince, c'est le dispositif d'examen 6 qui monte et descend. Une variante peut consister en ce que le dispositif d'examen 6 soit fixe et que ce soit le crayon de combustible nucléaire qui monte et descende.

Le blindage latéral 53 protège l'appareil de prise d'image 22 des radiations émises par un crayon de combustible nucléaire disposé suivant l'axe de positionnement C-C.

Le manchon 58 comprend à son extrémité supérieure un orifice d'entrée 64 en forme d'entonnoir convergeant vers le bas pour faciliter l'insertion d'un crayon de combustible nucléaire dans le manchon 58. Le petit diamètre de l'orifice d'entrée 64 est légèrement supérieur au diamètre externe d'un crayon pour assurer un guidage latéral du crayon inséré dans le manchon 58.

La paroi interne du manchon 58 est mate et de couleur sombre, de préférence noire. Le manchon 58 est par exemple réalisé dans son ensemble dans un matériau de couleur mate et noire.

Le dispositif de positionnement 18 comprend une bague de visée 66, entourant l'extrémité supérieure de plus grand diamètre de l'orifice d'entrée 64. La bague de visée 66 est de préférence en un matériau clair et brillant. La bague de visée 66 est par exemple en métal, notamment en acier inoxydable.

Le dispositif de positionnement 18 comprend une mire 68 disposée dans le manchon 58 de telle sorte que lors de la prise d'image la mire est visible sur l'image et fournit une référence visuelle pour le réglage du dispositif de prise d'image 16.

Le dispositif de positionnement 18 peut en outre comprendre par exemple un dispositif de contrôle électromagnétique 70 propre à réaliser des contrôles de santé sur le crayon de combustible nucléaire tels que la détection de défauts de type manque de matière, fissure, trou... sur la gaine du crayon de combustible. Le dispositif de contrôle électromagnétique 70 comprend un conduit 72 coaxial au manchon 58, le long duquel sont disposés des capteurs électromagnétiques 74. En complément, ou alternativement, le dispositif de positionnement 18 peut comprendre d'autres dispositifs de contrôle ou de mesure tels que palpeur mécanique, sonde à ultrasons... pour réaliser par exemple des mesures de diamètre, d'épaisseur...

Le dispositif de contrôle électromagnétique 70 et le manchon 58 sont coaxiaux d'axe l'axe de positionnement C-C, de sorte que le crayon est entouré successivement, de haut en bas, par le manchon 58 puis par le dispositif de contrôle électromagnétique 70.

Le dispositif de positionnement 18 comprend une plaque de support 76. Le dispositif de contrôle électromagnétique 70 et le manchon 58 sont fixés sur la plaque de support 76 par l'intermédiaire d'une chemise tubulaire 77. Le dispositif de contrôle électromagnétique 70 est reçu dans la chemise tubulaire 77 et entouré par celle-ci, et le manchon 58 est fixé à une extrémité de la chemise tubulaire 77.

Le dispositif de positionnement 18 comprend un organe de fixation 78, pour la fixation de la plaque de support 76 sur l'ensemble de support 11, et un organe de manutention 80 permettant de saisir le dispositif de positionnement 18.

En revenant aux Figures 2 et 3, le dispositif d'examen 6 comprend un dispositif anti-convection 82 pour empêcher des mouvements de convection de l'eau présente dans la piscine entre l'entrée optique 20 du dispositif de prise d'image 16 et l'ouverture latérale 60.

Le dispositif anti-convection 82 comprend une première partie 84 fixée sur le dispositif de prise d'image 16 et une deuxième partie 86 fixée sur le dispositif de positionnement 18. La première partie 84 a une portion de fixation 84a fixée sur l'extension 40 par l'intermédiaire d'un élément amovible 85 et une portion libre 84b. La deuxième partie 86 est fixée sur le manchon 58. La portion libre 84b de la première partie 84 est tubulaire. La deuxième partie 86 se présente sous la forme d'un écran en forme générale de U ouverte vers le haut et dont les branches s'évasent vers le haut. La portion libre 84b de la première partie 84 et la deuxième partie 86 se recouvrent suivant l'axe optique d'entrée A-A pour empêcher la circulation de fluide dans l'espace entre l'entrée optique 20 du dispositif de prise d'image 16 et l'ouverture latérale 60. La première partie 84 et la deuxième partie 86 sont télescopiques l'une par rapport à l'autre suivant l'axe optique d'entrée A-A pour garantir le recouvrement des parties 84 et 86.

Comme visible sur les Figures 1 et 2, le dispositif de positionnement 18 est fixé sur le cadre de support 12 de l'ensemble de support 11 en porte-à-faux, par l'intermédiaire d'une interface de fixation 90.

5 Le dispositif d'examen 6 comprend un dispositif d'éclairage comprenant des projecteurs lumineux 92 fixé par l'intermédiaire de deux bras 94 à l'ensemble boîtier 34 du dispositif de prise d'image 16 et orienté vers l'ouverture latérale 60 du manchon 58 pour éclairer à l'intérieur du manchon 58.

10 Le dispositif d'examen 6 comprend un tube 96 fermé à son extrémité inférieure de façon à éviter la chute du crayon de combustible en cas de défaillance du dispositif qui le maintient suspendu. Le tube 96 est fixé sur le dispositif de positionnement 18 dans le prolongement du manchon 58, de façon à recevoir la portion inférieure d'un crayon traversant le manchon 58.

15 Le dispositif de manutention 4 comprend au moins un rack 98 de stockage temporaire de crayons de combustible nucléaire. Le rack 98 comprend un ou plusieurs logements 100 tubulaires individuels, ici au nombre de six, chacun prévu pour recevoir un crayon de combustible nucléaire.

20 En fonctionnement, en référence aux Figures 1 et 2, un assemblage de combustible nucléaire 5 comprenant des crayons à examiner est disposé dans l'alvéole 7. L'ensemble de support 11 dépourvu de la plaque percée 14 et équipé de l'interface de fixation 90 et du rack 98 et éventuellement du dispositif de positionnement 18, est fixé sur l'embout supérieur 10 de l'alvéole 7. Après enlèvement de l'embout supérieur de l'assemblage de combustible nucléaire 5 et mise en place de la plaque percée 14 sur l'ensemble de support 11, des crayons de l'assemblage de combustible nucléaire 5, préalablement identifiés, sont extraits de l'assemblage de combustible nucléaire 5 selon
25 une technologie connue et insérés dans les logements 100 du rack 98.

S'il n'est pas déjà en place, le dispositif de positionnement 18 équipé de la deuxième partie 86 du dispositif anti-convection 82 est fixé sur l'interface de fixation 90, puis le dispositif de prise d'image 16 est posé et fixé sur le cadre de support 12.

30 Les crayons à examiner sont extraits un par un des logements 100 et examinés individuellement à l'aide du dispositif d'examen 6.

Chaque crayon est extrait du logement 100 correspondant à l'aide d'un outil pince puis son extrémité inférieure est insérée dans le tube 96 au travers du manchon 58. La bague de visée 66 et l'orifice d'entrée 64 facilitent l'insertion d'un crayon. Le crayon reste suspendu à l'outil pince jusqu'à sa réinsertion dans un logement 100.

35 Par un mouvement vertical relatif entre le crayon et le dispositif d'examen 6, le crayon coulisse dans le manchon 58. Le dispositif de prise d'image 16 prend des images

du crayon. Dans la mise en œuvre illustrée, l'alvéole 7 du dispositif de manutention 4 est l'alvéole du descenseur de la piscine de désactivation du réacteur nucléaire. Le mouvement du descenseur entre sa position basse et sa position haute et vice-versa permet d'obtenir le mouvement relatif entre le crayon et le système d'examen 2, le crayon restant fixe en altitude. Inversement le dispositif d'examen 6 peut être disposé sur une alvéole 7 fixe munie d'un ensemble support 11, le mouvement relatif étant obtenu par un déplacement vertical du crayon à examiner au moyen par exemple d'un outil de levage.

Les images sont prises au travers de l'ouverture latérale 60 du manchon 58 avec en fond le manchon 58. La paroi interne du manchon 58 de couleur noire et mate évite les reflets parasites et permet de mieux faire ressortir le crayon pour un examen plus précis.

Le crayon traverse simultanément le dispositif de contrôle électromagnétique 70 ce qui permet d'effectuer des examens complémentaires et de les associer aux images prises.

Le dispositif de prise d'image 16 présente un poids important. Le dispositif de prise d'image 16 est de préférence disposé dans le prolongement de l'alvéole 7 et repose sur l'embout supérieur 10 sans porte-à-faux, ce qui assure une reprise des efforts convenable et limite les risques de rupture mécanique. Le dispositif de renvoi optique 24 permet d'orienter l'appareil de prise d'image 22 verticalement suivant l'axe de l'alvéole 7. Le blindage axial 52 et le blindage latéral 53 protègent l'appareil de prise d'image 22 des radiations en provenance respectivement de l'assemblage de combustible nucléaire 5 et du crayon de combustible nucléaire en cours d'examen, tout en délimitant entre eux une ouverture pour le passage des rayons lumineux suivant l'axe optique d'entrée A-A vers le dispositif de renvoi optique 24.

L'appareil de prise d'image 22 peut ainsi être choisi avec une forte sensibilité et une forte résolution pour améliorer l'examen du crayon. L'appareil de prise d'image comprend avantageusement un capteur du type CMOS. La définition du capteur est avantageusement de 2592x1944 pixels, pour une résolution de 25 μm au niveau du composant examiné.

Les images sont analysées pour déterminer la présence éventuelle de défauts à la surface du crayon de combustible nucléaire tout le long de celui-ci. La longueur du chemin optique entre l'appareil de prise d'image 22 et le dispositif de positionnement 18 est déterminée de façon qu'un crayon de combustible nucléaire maintenu par le dispositif de positionnement 18 suivant l'axe de positionnement C-C se situe dans la zone de mise au point de l'appareil de prise d'image 22.

L'invention peut être mise en œuvre pour examiner d'autres composants de réacteurs nucléaires en adaptant le dispositif d'examen et de manutention au composant

12

à examiner : position et quantité de blindage 52, 53, forme du dispositif de positionnement
18...

REVENDEICATIONS

1.- Dispositif d'examen pour l'examen de composants de réacteur nucléaire sous eau, du type comprenant un dispositif de prise d'image (16) comprenant une entrée optique (20) présentant un axe optique d'entrée (A-A), un appareil de prise d'image (22) comprenant un capteur (30) et un objectif optique (28), possédant un axe optique de prise d'image (B-B), caractérisé en ce qu'il comprend un dispositif de renvoi optique (24) disposé entre l'entrée optique (20) et l'appareil de prise d'image (22), le dispositif de renvoi optique (24) comprenant au moins un élément de renvoi optique (32) pour dévier les rayons lumineux pénétrant dans l'entrée optique (20) et les diriger vers l'appareil de prise d'image (22).

2.- Dispositif d'examen selon la revendication 1, dans lequel le dispositif de renvoi optique (24) comprend un élément de renvoi optique (32) prévu sous la forme d'un prisme.

3.- Dispositif d'examen selon la revendication 1 ou 2, dans lequel le dispositif de renvoi optique (24) comprend un unique élément de renvoi optique (32).

4.- Dispositif d'examen selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'axe optique d'entrée (A-A) et l'axe optique de prise d'image (B-B) sont perpendiculaires.

5.- Dispositif d'examen selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant un dispositif de positionnement (18) pour positionner un composant de réacteur nucléaire suivant un axe de positionnement (C-C) en regard de l'entrée optique (20), comprenant un manchon (58) tubulaire s'étendant suivant l'axe de positionnement (C-C) et propre à recevoir le composant avec possibilité de coulissement relatif suivant l'axe de positionnement (C-C), le manchon (58) possédant une ouverture latérale (60) pour la prise d'image du composant au travers de l'ouverture latérale (60).

6.- Dispositif d'examen selon la revendication 5, dans lequel l'axe de positionnement (C-C) est perpendiculaire à l'axe optique d'entrée (A-A).

7.- Dispositif d'examen selon la revendication 5 ou 6, dans lequel le manchon (58) comprend une paroi interne mate et/ou de couleur sombre.

8.- Dispositif d'examen selon l'une quelconque des revendications 5 à 7, dans lequel le manchon (58) comprend un orifice d'entrée (64) en entonnoir pour l'insertion du composant.

9.- Dispositif d'examen selon l'une quelconque des revendications 5 à 8, comprenant un dispositif anti-convection (82) propre à empêcher des mouvements de l'eau entre l'entrée optique (20) et le composant à examiner.

10.- Dispositif d'examen selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le dispositif de prise d'image (16) comprend un compartiment étanche rempli de gaz (42), notamment rempli d'air, dans lequel est reçu l'appareil de prise d'image (22).

5 11.- Dispositif d'examen selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le dispositif de prise d'image (16) comprend un compartiment étanche rempli de liquide (44), notamment rempli d'eau ou d'un mélange d'eau et d'alcool, dans lequel est disposé le dispositif de renvoi optique (24).

12.- Dispositif d'examen selon la revendication 11, comprenant un vase d'expansion (45) relié au compartiment étanche rempli de liquide (44).

10 13.- Dispositif d'examen selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant une base de fixation (46) pour la fixation du dispositif de prise d'image (16) sur l'extrémité supérieure d'une alvéole (7) de réception d'un assemblage de combustible nucléaire (5).

15 14.- Dispositif d'examen selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant au moins un blindage (52, 53) de protection contre les radiations.

20 15.- Dispositif d'examen selon la revendication 14, comprenant au moins un blindage axial (52) de protection de l'appareil de prise d'image (22) contre des radiations suivant l'axe optique de prise d'image (B-B) et/ou au moins un blindage latéral (53) de protection de l'appareil de prise d'image (22) contre des radiations transversalement à l'axe optique de prise d'image (B-B).

16.- Dispositif d'examen selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le composant de réacteur nucléaire à examiner est un crayon de combustible nucléaire.

25 17.- Système d'examen comprenant une alvéole (7) délimitant un logement de réception s'étendant suivant une direction longitudinale entre un embout inférieur (9) et un embout supérieur (10) et un dispositif d'examen selon l'une quelconque des revendications précédentes, fixé sur l'embout supérieur (10) de l'alvéole (7).

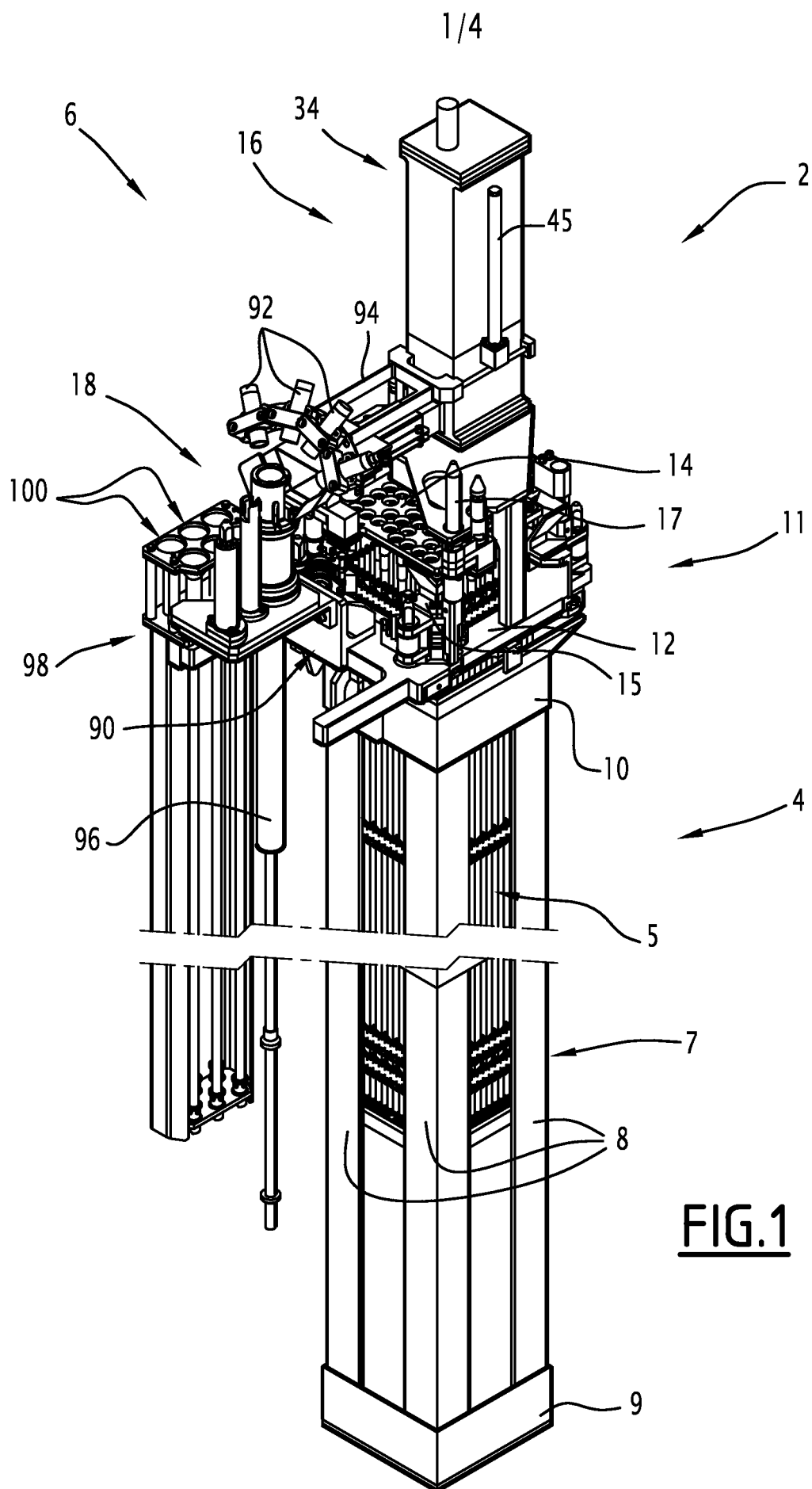
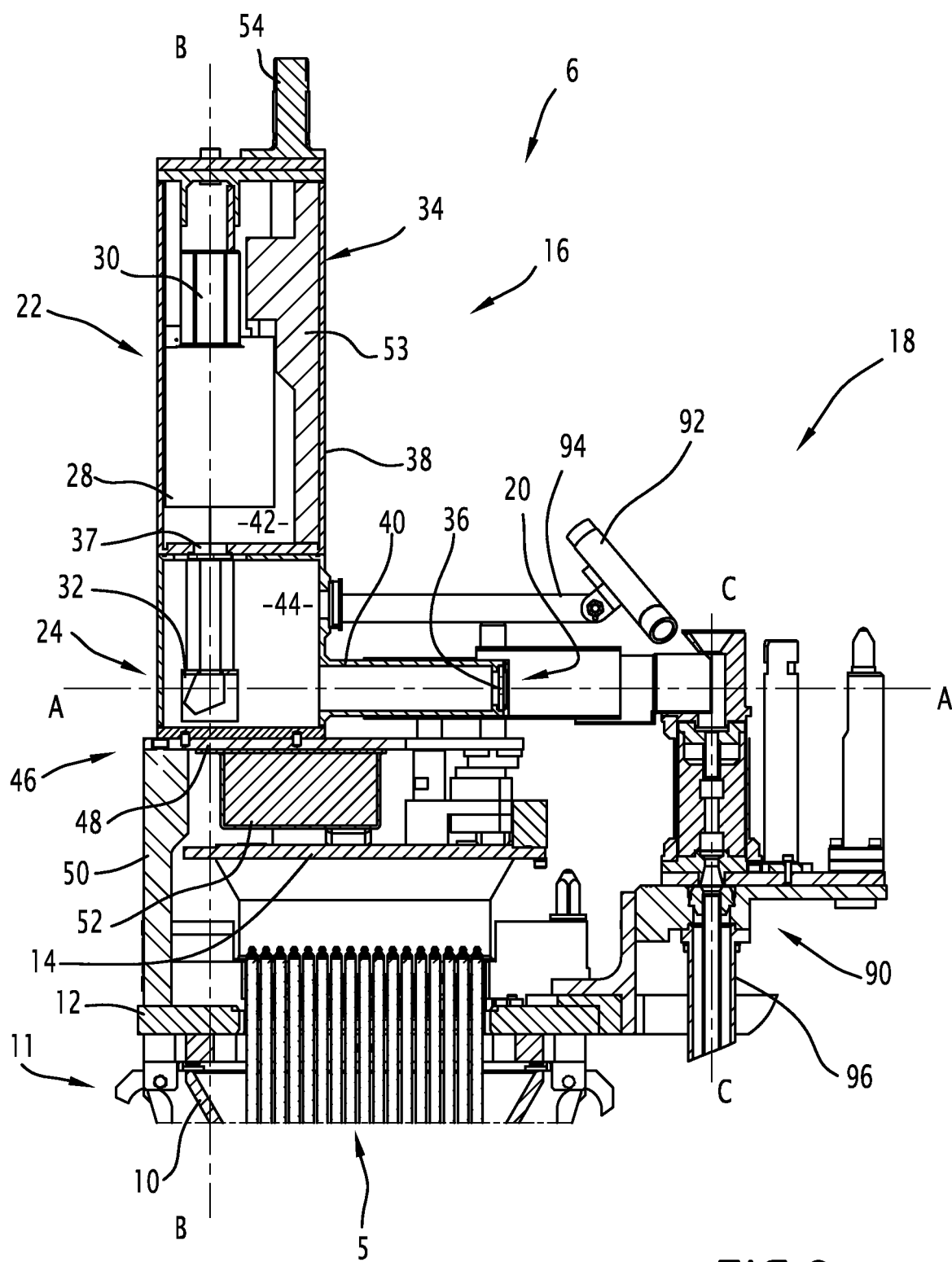
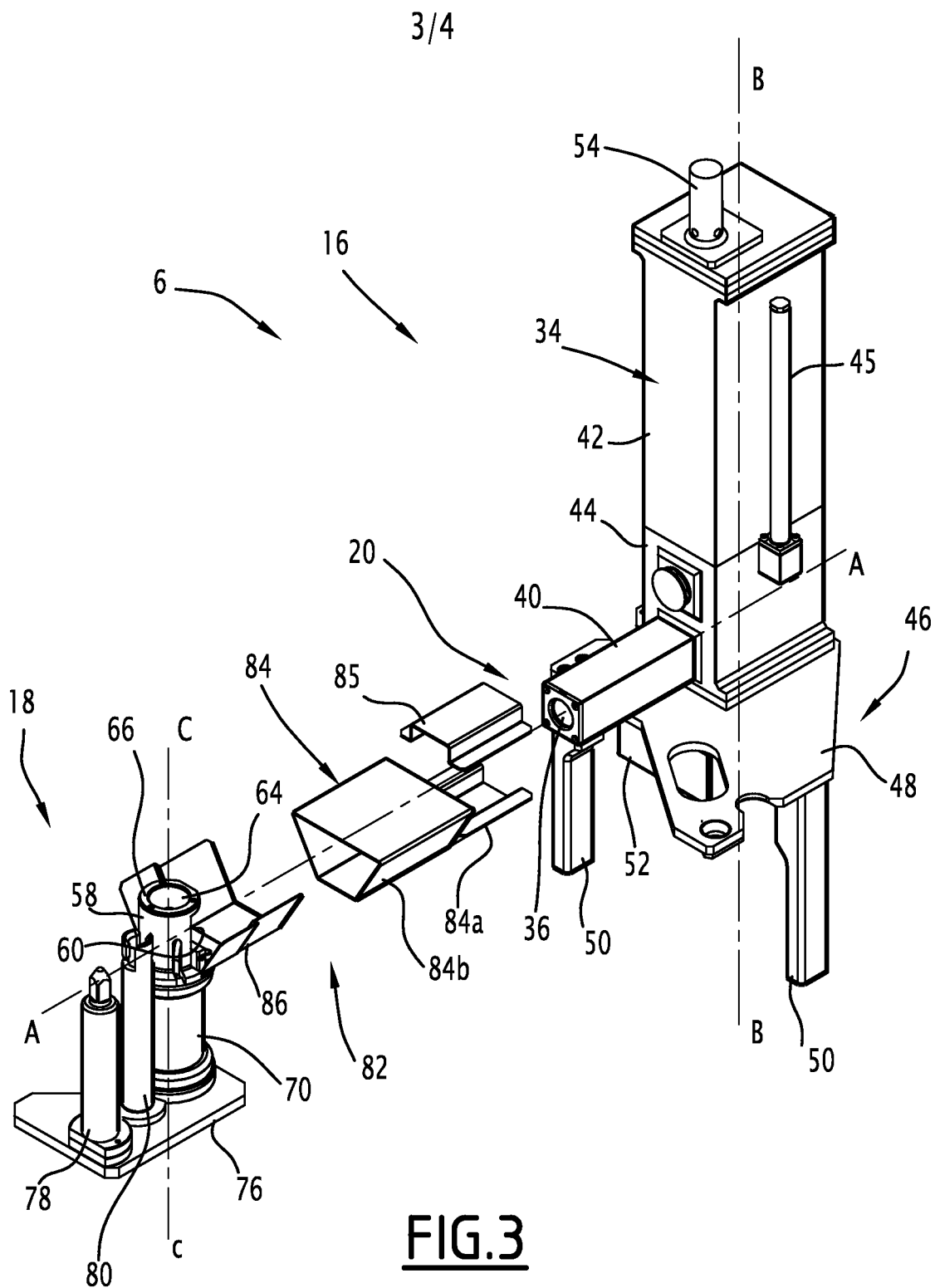


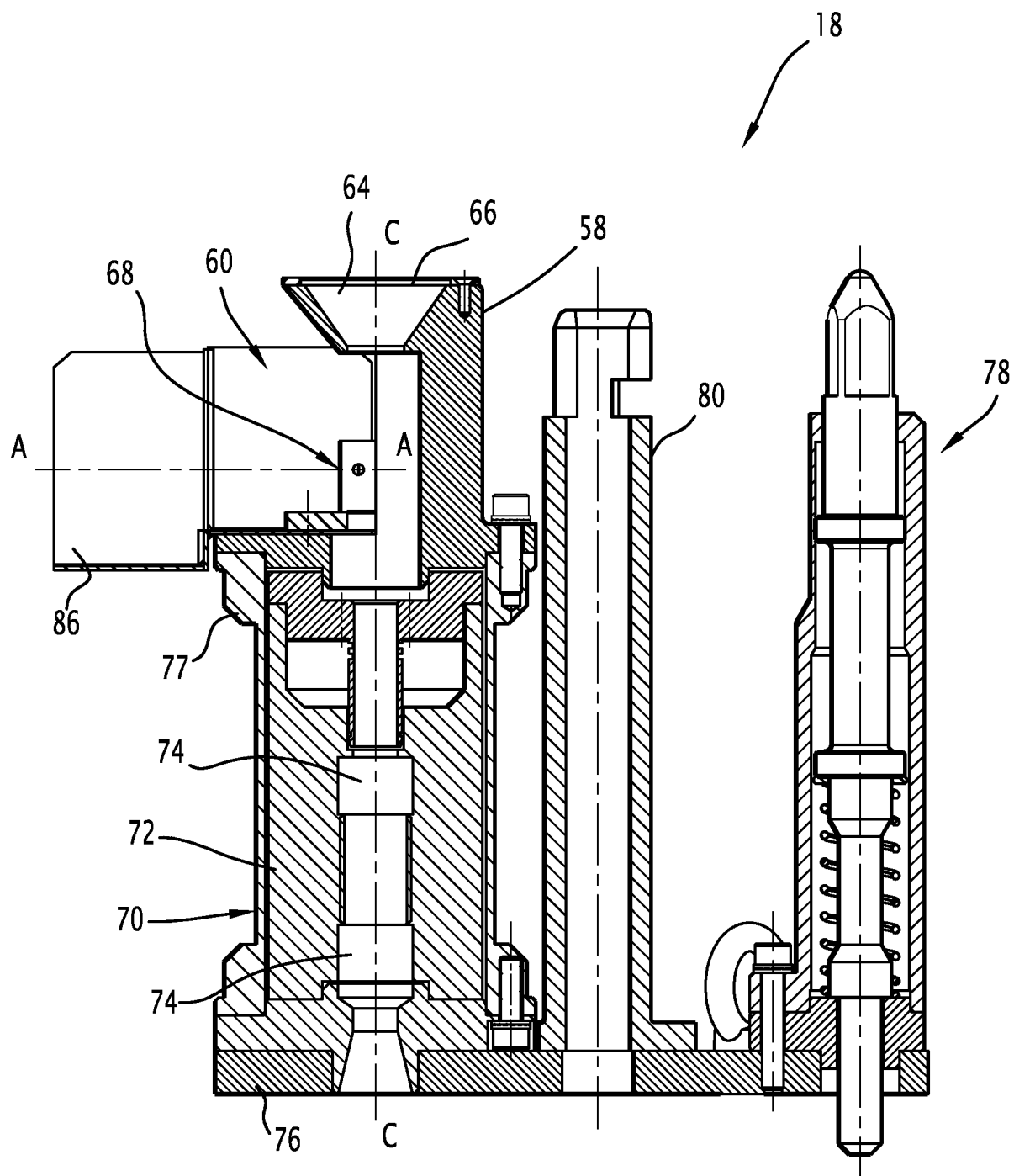
FIG. 1

2/4

**FIG. 2**



4/4

FIG. 4



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

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

N° d'enregistrement
national

FA 754269
FR 1157819

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 2002/071513 A1 (UCKERT JURGEN [DE]) 13 juin 2002 (2002-06-13)	1-4,10, 14-16	G21C17/06 G21C17/00
A	* alinéas [0002], [0046], [0047], [0055]; figures 1, 3, 4 *	5-9, 11-13	
X	EP 0 445 670 A1 (TOSHIBA KK [JP]) 11 septembre 1991 (1991-09-11)	1-4,16, 17	
A	* colonne 4, ligne 12-35; figures 1,2 * * colonne 6, ligne 23-40 *	5-15	
X	FR 2 585 869 A1 (FRAGEMA FRAMATOME & COGEMA [FR]) 6 février 1987 (1987-02-06)	1,5-9, 13-15,17	
A	* page 1, ligne 1-10 * * page 5, ligne 27 - page 7, ligne 22; figures 2,4,6,7,13 * * page 10, ligne 24 - page 13, ligne 11 * * page 15, ligne 1-26 * * page 9, ligne 10-24 *	2-4, 10-12,16	
A	FR 2 862 803 A1 (FRANCO BELGE COMBUSTIBLES [FR]) 27 mai 2005 (2005-05-27)	1-17	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
	* page 8, ligne 4 - page 9, ligne 14; figure 1 *		G21C G02B
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
11 avril 2012		Sewtz, Michael	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un		à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date	
autre document de la même catégorie		de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
A : arrière-plan technologique		D : cité dans la demande	
O : divulgation non-écrite		L : cité pour d'autres raisons	
P : document intercalaire		
		& : membre de la même famille, document correspondant	

1

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1157819 FA 754269**

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 **11-04-2012**

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
US 2002071513 A1	13-06-2002	DE 19905970 A1	31-08-2000
		EP 1151439 A1	07-11-2001
		JP 2002541437 A	03-12-2002
		US 2002071513 A1	13-06-2002
		WO 0048200 A1	17-08-2000

EP 0445670 A1	11-09-1991	DE 69115307 D1	25-01-1996
		DE 69115307 T2	13-06-1996
		EP 0445670 A1	11-09-1991
		US 5152957 A	06-10-1992

FR 2585869 A1	06-02-1987	CA 1266323 A1	27-02-1990
		DE 3665374 D1	05-10-1989
		EP 0213028 A1	04-03-1987
		ES 2002721 A6	01-10-1988
		FR 2585869 A1	06-02-1987
		JP 1971428 C	27-09-1995
		JP 6105312 B	21-12-1994
		JP 62034097 A	14-02-1987
		US 4741878 A	03-05-1988
		ZA 8605518 A	25-03-1987

FR 2862803 A1	27-05-2005	CN 1898698 A	17-01-2007
		EP 1702340 A2	20-09-2006
		FR 2862803 A1	27-05-2005
		US 2007248239 A1	25-10-2007
		WO 2005062313 A2	07-07-2005
