

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



WIPO | PCT



(10) Numéro de publication internationale
WO 2020/074793 A1

(43) Date de la publication internationale
16 avril 2020 (16.04.2020)

(51) Classification internationale des brevets :

G21C 3/62 (2006.01) G21C 21/00 (2006.01)

G21C 19/48 (2006.01) C01G 43/00 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/FR2018/052498

(22) Date de dépôt international :

09 octobre 2018 (09.10.2018)

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(71) Déposant : **FRAMATOME** [FR/FR] ; 1 place Jean Millier
Tour Areva, 92400 COURBEVOIE (FR).

(72) Inventeurs : **PERRIN, Serge** ; Chalet Les 2 Marmottes,
Chemin de la Grand Vy, 73450 Valloire (FR). **ROU-**
QUETTE Pascal ; 55 impasse des Oliviers, 26130 Mont-
segur-sur-Lauzon (FR).

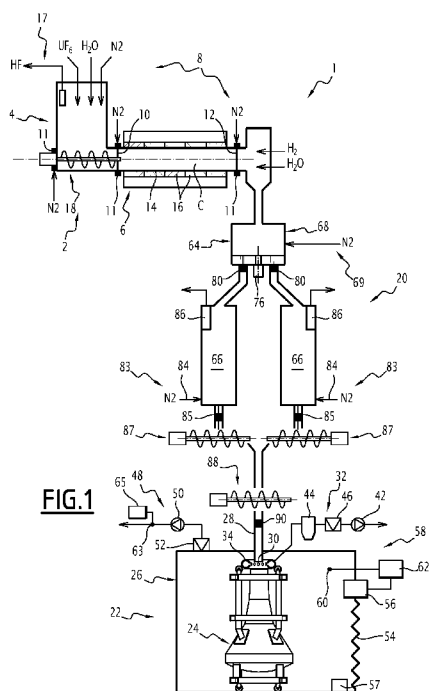
(74) Mandataire : **BLOT, Philippe** et al. ; Lavoix, 2, place
d'Estienne d'Orves, 75441 Paris Cedex 09 (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(54) Title: EQUIPMENT FOR PRODUCING NUCLEAR FUEL POWDER

(54) Titre : INSTALLATION DE PRODUCTION DE POUDRE DE COMBUSTIBLE NUCLEAIRE



(57) Abstract: The equipment for producing nuclear fuel powder comprises equipment (2) for converting uranium hexafluoride (UF_6) into uranium dioxide (UO_2) having a hydrolysis reactor (4) for the conversion of UF_6 into uranyl fluoride (UO_2F_2) powder and a pyrohydrolysis furnace (6) for the conversion of the UO_2F_2 powder into UO_2 powder, and a unit (20) for packaging the UO_2 powder comprising a filling station (22) having a containment chamber (26) for receiving a container (24) to be filled, a fill pipe (28) supplied from the furnace (6) and a suction system (32) comprising a suction ring (34) positioned at the outlet (30) of the fill pipe (28) to suck up an annular air flow (A) around a flow (P) of UO_2 powder falling from the outlet (30) of the fill pipe (28) into the container (24).

(57) Abrégé : L'installation de production de poudre de combustible nucléaire comprend une installation de conversion (2) d'hexafluorure d'uranium (UF_6) en dioxyde d'uranium (UO_2) possédant un réacteur (4) d'hydrolyse pour la conversion d' UF_6 en poudre d'oxyfluorure d'uranium (UO_2F_2) et un four (6) de pyrohydrolyse pour la conversion de la poudre d' UO_2F_2 en poudre d' UO_2 , et un ensemble de conditionnement (20) de la poudre d' UO_2 comprenant une station de remplissage (22) possédant une enceinte de confinement (26) pour recevoir un récipient (24) à remplir, un conduit de remplissage (28) alimenté à partir du four (6) et un système d'aspiration (32) comprenant un anneau d'aspiration (34) disposé à la sortie (30) du conduit de remplissage (28) pour aspirer un flux d'air (A) annulaire autour d'un flux (P) de poudre d' UO_2 tombant de la sortie (30) du conduit de remplissage (28) dans le récipient (24).

Publiée:

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

INSTALLATION DE PRODUCTION DE POUDRE DE COMBUSTIBLE NUCLEAIRE

La présente invention concerne le domaine de la production de poudre de dioxyde d'uranium (UO_2), destinée notamment à la fabrication de pastilles d' UO_2 pour crayons de combustible nucléaire.

Il est possible d'enrichir de l'uranium sous forme d'hexafluorure d'uranium (UF_6). Il est cependant nécessaire ensuite de convertir l' UF_6 en UO_2 pour fabriquer des pastilles d' UO_2 .

Pour ce faire, il est possible de convertir de l' UF_6 gazeux en oxyfluorure d'uranium (UO_2F_2) par hydrolyse dans un réacteur, en injectant de l' UF_6 gazeux et de la vapeur d'eau sèche dans le réacteur pour obtenir de la poudre d' UO_2F_2 , puis de convertir la poudre d' UO_2F_2 en poudre d' UO_2 par pyrohydrolyse dans un four, en faisant circuler la poudre d' UO_2F_2 dans le four et en injectant de la vapeur d'eau sèche et du dihydrogène (H_2) gazeux dans le four.

US6136285 divulgue une installation de conversion d' UF_6 en UO_2 comprenant un réacteur d'hydrolyse et un four de pyrohydrolyse pour la mise en œuvre d'un tel procédé de conversion.

La poudre d' UO_2 obtenue doit être conditionnée pour pouvoir être transférée et utilisée pour la fabrication de pastilles de combustible nucléaire. Cependant, la poudre d' UO_2 est volatile et peut facilement se disperser dans l'atmosphère et contaminer l'installation de conversion d' UF_6 en UO_2 .

Pour des raisons de propreté radiologique et de sécurité des opérateurs intervenant sur l'installation de conversion, il convient de limiter le risque de dispersion de matière fissile.

Un des buts de l'invention est de proposer une installation de production de poudre de combustible nucléaire qui permette de limiter les risques de contaminations avec de l'uranium.

A cet effet, l'invention propose une installation de production de poudre de combustible nucléaire comprenant

- une installation de conversion d'hexafluorure d'uranium (UF_6) en dioxyde d'uranium (UO_2), l'installation de conversion comprenant :

- un réacteur d'hydrolyse pour la conversion d' UF_6 en poudre d'oxyfluorure d'uranium (UO_2F_2) par réaction entre de l' UF_6 gazeux et de la vapeur d'eau sèche injectés dans le réacteur; et

2

- un four de pyrohydrolyse pour la conversion de la poudre d' UO_2F_2 en poudre d' UO_2 par réaction de la poudre d' UO_2F_2 avec de la vapeur d'eau sèche et du dihydrogène (H_2) gazeux circulant dans le four; et

- un ensemble de conditionnement de la poudre d' UO_2 , l'ensemble de conditionnement comprenant une station de remplissage d'un récipient avec de la poudre d' UO_2 , la station de remplissage comprenant une enceinte de confinement, un conduit de remplissage alimenté en poudre d' UO_2 à partir du four et ayant une sortie débouchant dans l'enceinte de confinement, et un système d'aspiration comprenant un anneau d'aspiration disposé à la sortie du conduit de remplissage pour aspirer un flux d'air annulaire autour d'un flux de poudre d' UO_2 tombant de la sortie du conduit de remplissage dans le récipient.

Selon des modes de réalisation particuliers, l'installation de conversion peut comprendre une ou plusieurs des caractéristiques optionnelles suivantes, prises isolément ou selon toutes les combinaisons techniquement possibles :

- la station de remplissage comprend un système de ventilation pour mettre en dépression l'enceinte de confinement et aspirer et filtrer l'air présent dans l'enceinte de confinement ;

- l'enceinte de confinement est une cabine comprenant une porte pour introduire ou extraire le récipient dans ou hors de la cabine ;

- elle comprend un système d'alarme comprenant un capteur disposé dans l'enceinte de confinement pour mesurer la pression dans l'enceinte de confinement et une alarme pour émettre un signal d'alarme en cas de surpression à l'intérieur de l'enceinte de confinement ;

- l'enceinte de confinement est équipée d'un dispositif de contrôle de contamination radioactive disposé dans l'enceinte de confinement pour réaliser un contrôle de la contamination à l'intérieur de l'enceinte de confinement ;

- elle comprend au moins deux pots de stockage de poudre d' UO_2 et un distributeur pour distribuer la poudre d' UO_2 successivement vers les pots de stockage, le conduit de remplissage étant alimenté successivement à partir des pots de stockage ;

- le distributeur possède une cuve à fond plat et au moins une racle de raclage du fond de la cuve ;

- le distributeur comprend des ouvertures de sortie pour la poudre d' UO_2 ménagées dans le fond de la cuve, chaque ouverture de sortie alimentant un pot de stockage respectif ;

- elle comprend un dispositif d'injection de gaz neutre configuré pour injecter un gaz neutre à l'intérieur du distributeur ;

- elle comprend une station de retournement pour retourner et vider un récipient rempli d' UO_2 ;

- la station de retournement comprend un système d'aspiration comprenant un anneau d'aspiration disposé pour être situé à proximité d'une ouverture d'entrée d'un récipient retourné par la station de retournement ;

- la station de retournement comprend un châssis, un porte-récipient pour saisir un récipient, au moins un bras de levage monté pivotant sur le châssis et portant le porte-récipient, et un mécanisme de retournement pour commander une rotation du porte-récipient par rapport au bras de levage, le mécanisme de retournement étant configuré de telle manière que la rotation du bras de levage par rapport au châssis provoque la rotation du porte-récipient par rapport au bras de levage ;

- le mécanisme de retournement comprend un premier pignon monté rotatif sur le bras de levage en étant assujéti en rotation au châssis, un deuxième pignon monté rotatif sur le bras de levage en étant assujéti en rotation au porte-récipient, et un mécanisme d'entraînement reliant le premier pignon au deuxième pignon ;

- la station de retournement comprend un dispositif de blocage disposé sur le châssis pour bloquer le récipient en position retournée ;

- la station de retournement comprend un capteur de présence pour détecter la présence du récipient en position retournée, le récipient comprenant un système d'ouverture pour ouvrir ou fermer le récipient, la station de retournement étant configurée pour ouvrir le système d'ouverture seulement lorsque la présence du récipient en position retournée est détectée par le capteur de présence ;

- elle comprend un joint d'étanchéité disposé à l'entrée du four, un joint d'étanchéité disposé à la sortie du four et/ou un joint d'étanchéité disposé entre le réacteur et un dispositif de transfert configuré pour transférer la poudre d' UO_2F_2 du réacteur vers le four, l'installation étant configurée pour la mise en pression du ou de chaque joint d'étanchéité avec un gaz neutre ;

- elle est configurée pour l'injection d'un gaz neutre dans le réacteur pour la réalisation de la conversion d' UF_6 en poudre d' UO_2F_2 sous atmosphère de gaz neutre ; et

- le gaz neutre est de l'azote (N_2).

L'invention et ses avantages seront mieux compris à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple, et faite en référence aux dessins annexés, sur lesquels :

- la Figure 1 est une vue schématique d'une installation de production de poudre de combustible nucléaire ;

- la Figure 2 est une vue schématique d'un détail d'une station de remplissage de l'installation de production de poudre de combustible nucléaire de la Figure 1, montrant le système d'aspiration des particules en suspension lors du remplissage d'un récipient avec de la poudre d' UO_2 ;

5 - la Figure 3 est une vue de détail d'un distributeur de l'installation de production de poudre de combustible nucléaire de la Figure 1 ;

- la Figure 4 est une vue schématique en perspective d'une station de retournement d'un récipient contenant de la poudre d' UO_2 ;

10 - les Figures 5 et 6 sont des vues schématiques de côté de la station de retournement de la Figure 4, la station de retournement étant dans deux configurations distinctes.

Telle qu'illustrée sur la Figure 1, l'installation de production de poudre de combustible nucléaire 1 comprend une installation de conversion 2 configurée pour la conversion d' UF_6 en UO_2 .

15 L'installation de conversion 2 comprend un réacteur 4 d'hydrolyse pour la conversion d' UF_6 en poudre d' UO_2F_2 , par réaction entre de l' UF_6 gazeux et de la vapeur d'eau sèche (H_2O) injectés dans le réacteur 4.

20 L'installation de conversion 2 comprend un four 6 de pyrohydrolyse pour la conversion de la poudre d' UO_2F_2 en poudre d' UO_2 par réaction de la poudre d' UO_2F_2 avec de la vapeur d'eau sèche de pyrohydrolyse (H_2O) et de l' H_2 gazeux injectés dans le four 6.

L'installation de conversion 2 comprend un dispositif d'alimentation 8 configuré pour injecter des gaz réactifs (UF_6 gazeux, vapeur d'eau sèche et H_2 gazeux) dans le réacteur 4 et dans le four 6.

25 Le dispositif d'alimentation 8 est en outre configuré pour injecter un gaz neutre dans le réacteur 4 de façon que la conversion d' UF_6 en UO_2 s'effectue sous une atmosphère de gaz neutre. Le gaz neutre est de préférence de l'azote (N_2).

L' UF_6 et la vapeur d'eau sèche injectés dans le réacteur 4 forment une poudre d' UO_2F_2 qui tombe au fond du réacteur 4.

30 Le four 6 comprend une entrée 10 raccordée au réacteur 4 pour recevoir la poudre d' UO_2F_2 et une sortie 12 pour délivrer la poudre d' UO_2 .

L'installation de conversion 2 comprend des joints d'étanchéité 11 au niveau respectivement de l'entrée 10 du four 6 et de la sortie 12 du four 6, pour réaliser une étanchéité à l'entrée 10 du four 6 et à la sortie 12 du four 6.

Le four 6 est un four continu configuré pour que la poudre d' UO_2F_2 avance dans le four 6 de l'entrée 10 vers la sortie 12 en étant exposée à la vapeur d'eau sèche (H_2O) et à l' H_2 gazeux injectés dans le four 6.

5 L'installation de conversion 2 est ici configurée pour la circulation de la vapeur d'eau sèche (H_2O) et l' H_2 gazeux injectés dans le four 6 à contre-courant de la poudre d' UO_2F_2 , i.e. de la sortie 12 vers l'entrée 10. Le dispositif d'alimentation 8 est configuré pour l'injection de la vapeur d'eau sèche de (H_2O) et de l' H_2 gazeux dans le four 6 par la sortie 12 du four 6.

10 Le four 6 comprend un tambour 14 rotatif s'étendant suivant un axe central C et ayant une première extrémité et une deuxième extrémité opposées formant respectivement l'entrée 10 et la sortie 12. Le tambour 14 est incliné de manière que l'entrée 10 est plus élevée que la sortie 12. En fonctionnement, du fait de l'inclinaison et de la rotation du tambour 14, la poudre d' UO_2F_2 avance de l'entrée 10 vers la sortie 12.

15 Le four 6 comprend des éléments chauffants 16 pour chauffer le tambour 14. Dans l'exemple illustré, les éléments chauffant 16 entourent le tambour 14.

L'installation de conversion 2 comprend un dispositif de récupération 17 pour récupérer les gaz réactifs en excès, le gaz inerte et les coproduits gazeux résultant de la conversion, à savoir le fluorure d'hydrogène HF.

20 Le dispositif de récupération 17 ici disposé dans le réacteur 4 pour récupérer les gaz présents dans le réacteur 4 et les gaz qui remontent du four 6 dans le réacteur 4 du fait de la circulation à contre-courant des gaz dans le four 6.

L'installation de conversion 2 comprend un dispositif de transfert 18 pour transférer la poudre d' UO_2F_2 du fond du réacteur 4 vers l'entrée 10 du four 6. Le dispositif de transfert 18 est ici une vis sans fin motorisée.

25 L'installation de conversion 2 comprend un joint d'étanchéité 11 agencé pour réaliser une étanchéité entre le dispositif de transfert 18 et le réacteur 4, plus précisément entre le dispositif de transfert 18 une ouverture du réacteur 4 par laquelle le dispositif de transfert 18 s'insère dans le réacteur 4.

30 L'installation de conversion 2 est configurée pour la mise en pression de chaque joint d'étanchéité 11 par injection continue d'un gaz neutre, de préférence de l'azote (N_2), de préférence à une pression supérieure à celle existant dans l'installation de conversion 2.

35 L'injection d'un gaz neutre au niveau des joints d'étanchéité 11 disposés à l'entrée 10, à la sortie 12 du four et/ou entre le réacteur 4 et le dispositif de transfert 18, à une pression supérieure à celle existant dans l'installation de conversion 2 permet d'empêcher

les produits réactifs et les produits de réaction de s'échapper hors de l'installation de conversion 2 et garantit le confinement desdits produits dans l'installation de conversion 2.

L'installation de conversion 2 comprend un ensemble de conditionnement 20 pour le conditionnement de la poudre d' UO_2 issue du four 6.

5 Le réacteur 4 et le four 6 sont prévus pour fonctionner en continu, et produire de la poudre d' UO_2 en continu. L'ensemble de conditionnement 20 est configuré pour le remplissage de récipients avec la poudre d' UO_2 fournie en continu par le réacteur 4 et le four 6.

10 L'ensemble de conditionnement 20 comprend une station de remplissage 22 d'un récipient 24 avec de la poudre d' UO_2 .

La station de remplissage 22 comprend une enceinte de confinement 26, un conduit de remplissage 28 alimenté en poudre d' UO_2 à partir du four 6 et ayant une sortie 30 débouchant dans l'enceinte de confinement 26, et un système d'aspiration 32.

15 Comme visible sur la Figure 2, le système d'aspiration 32 comprend un anneau d'aspiration 34 disposé à la sortie 30 du conduit de remplissage 28 pour aspirer un flux A d'air annulaire autour d'un flux P de poudre d' UO_2 tombant de la sortie 30 du conduit de remplissage 28 dans une ouverture d'entrée 35 du récipient 24.

20 L'anneau d'aspiration 34 est disposé de façon que le flux P de poudre sortant de la sortie 30 du conduit de remplissage 28 passe au travers de l'anneau d'aspiration 34. L'anneau d'aspiration 34 est disposé autour d'un cylindre imaginaire prolongeant la sortie 30 du conduit de remplissage 28.

25 L'anneau d'aspiration 34 comprend un tube 36 annulaire s'étendant autour d'un axe central B. Le tube 36 présente une forme toroïdale. Le tube 36 est muni d'orifices d'aspiration 38 répartis sur le tube 36 autour de l'axe central B. Les orifices d'aspiration 38 sont disposés sur une partie de la paroi du tube 36 tournée vers l'intérieur de l'anneau d'aspiration 34.

L'anneau d'aspiration 34 comprend un conduit de sortie 40 raccordé au tube 36.

Lorsqu'une force d'aspiration est générée à l'intérieur du tube 36, l'anneau d'aspiration 34 aspire un flux d'air A annulaire.

30 Lors de l'écoulement de la poudre d' UO_2 du conduit de remplissage 28 vers le récipient 24, des particules de poudre se retrouvent inévitablement en suspension dans l'air environnant.

35 Avec une force d'aspiration appropriée générée dans l'anneau d'aspiration 34, il est possible de ne pas perturber l'écoulement de la poudre du conduit de remplissage 28 dans le récipient 24 tout en aspirant les particules de poudre en suspension dans l'air

autour de la sortie 30 du conduit de remplissage 28. La contamination de l'air environnant est donc limitée efficacement.

Avantageusement, la station de remplissage 22 comprend une canne d'injection de gaz neutre 39 pour inerte le récipient 24 avant et pendant son remplissage par de la poudre d' UO_2 . Cette configuration permet d'éviter la mise en contact de la poudre d' UO_2 avec de l'air et de limiter ainsi les risques d'oxydation de la poudre d' UO_2 et d'explosion de poussières. Le gaz neutre injecté est par exemple de l'azote (N_2)

En revenant à la Figure 1, le système d'aspiration 32 comprend une machine d'aspiration 42 pour générer une force d'aspiration. La machine d'aspiration 42 est raccordée au conduit de sortie 40 de l'anneau d'aspiration 34 pour aspirer de l'air par l'intermédiaire de l'anneau d'aspiration 34.

Le système d'aspiration 32 comprend un séparateur de particules 44 pour séparer les particules de poudre de l'air aspiré par l'anneau d'aspiration 34. Le séparateur de particules 44 est ici un séparateur à effet cyclone.

Le système d'aspiration 32 comprend un dispositif de filtrage 46 pour filtrer des particules de poudre présentes dans l'air aspiré.

Dans l'exemple illustré, le dispositif de filtrage 46 est disposé en aval du séparateur de particules 44 et la machine d'aspiration 42 est disposée en aval du dispositif de filtrage 46. Ceci permet de séparer les particules de l'air, puis de filtrer les éventuelles particules restant dans l'air, en limitant la contamination de la machine d'aspiration 42.

La station de remplissage 22 comprend un système de ventilation 48 pour renouveler l'air à l'intérieur de l'enceinte de confinement 26 par aspiration de l'air présent dans l'enceinte de confinement 26.

Le système de ventilation 48 permet de maintenir l'intérieur de la station de remplissage 22 en dépression et d'éviter ainsi toute dissémination de poudre vers l'extérieur de la station de remplissage 22.

Le système de ventilation 48 comprend une machine d'aspiration 50 pour générer une force d'aspiration de l'air présent dans l'enceinte de confinement 26 et un dispositif de filtrage 52 pour filtrer des particules de poudre présentes dans l'air aspiré.

Du fait du système de ventilation 48 fonctionnant par aspiration, de la poudre éventuellement présente dans l'air ambiant de l'enceinte de confinement 26 n'est pas rejetée à l'extérieur, mais aspirée et filtrée par le système de ventilation 48.

Telle qu'illustrée sur la Figure 1, l'enceinte de confinement 26 est une cabine fermée qui délimite un volume fermé. En variante l'enceinte de confinement 26 est une hotte.

L'enceinte de confinement 26 comprend une porte 54 d'accès dont l'ouverture permet d'introduire ou d'extraire un récipient 24 dans ou hors de l'enceinte de confinement 26.

5 La station de remplissage 22 comprend un système de commande de porte 56 pour commander automatiquement l'ouverture et la fermeture de la porte 54.

10 L'enceinte de confinement 26 est de préférence équipée d'un dispositif de contrôle de contamination radioactive 57 disposé en partie basse de l'enceinte de confinement 26 pour réaliser un contrôle à l'intérieur de l'enceinte de confinement 26 et notamment détecter une possible contamination par de la matière fissile. Le dispositif de contrôle de contamination radioactive 57 comprend par exemple un détecteur de rayonnement alpha et/ou un dispositif permettant de prélever un échantillon de l'atmosphère présente dans l'enceinte de confinement 26 et de mesurer sa radioactivité.

15 L'enceinte de confinement 26 peut en outre être équipée d'un système d'alarme 58 comprenant un capteur 60 disposé à l'intérieur de l'enceinte de confinement 26 pour y mesurer la pression. Le système d'alarme 58 comprend une alarme 62 pour émettre un signal d'alarme, de préférence perceptible par un opérateur à l'extérieur de la cabine, en cas de surpression à l'intérieur de l'enceinte de confinement 26.

20 En option, le système d'alarme 58 de la station de remplissage 22 comprend un capteur 63 disposé dans le conduit d'aspiration du système de ventilation 48 et une alarme 65 configurée pour émettre un signal d'alarme en cas de diminution de la pression de l'air aspiré, signe d'encrassement du dispositif de filtrage 52..

25 L'alarme 65 associée au capteur 63 est distincte de celle associée au capteur 60 disposé à l'intérieur de l'enceinte de confinement 26. En variante, il s'agit de la même alarme.

30 Entre la station de remplissage 22 et la sortie 12 du four 6, l'ensemble de conditionnement 20 comprend un distributeur 64 alimenté en poudre d' UO_2 par le four 6 et au moins deux pots de stockage 66 reliés en parallèle au distributeur 64 de manière à alimenter sélectivement un pot de stockage 66 à la fois, chaque pot de stockage 66 étant relié à la station de remplissage 22 pour alimenter la station de remplissage 22 sélectivement à partir d'un des pots de stockage 66 à la fois.

Le distributeur 64 possède une cuve 68 de réception de la poutre d' UO_2 .

35 La station d'alimentation 20 possède un dispositif d'injection de gaz neutre 69 configuré pour injecter un gaz neutre, de préférence de l'azote (N_2) dans le distributeur 64, plus précisément dans la cuve 68 du distributeur 64, afin d'empêcher le dihydrogène gazeux (H_2) injecté au niveau de la sortie 12 de pénétrer dans la cuve 68. En

effet, la mise en contact du dihydrogène avec de l'oxygène potentiellement présent dans le distributeur 64 engendre un risque d'explosion d'hydrogène et donc de dissémination de matière fissile (uranium) et de produits nocifs dans l'environnement. Comme illustré sur la Figure 3, la cuve 68 possède une paroi latérale 70, et un fond 72 de préférence plat, et le distributeur 64 comprend une racle 74 pour racler le fond 72 de la cuve 68. La racle 74 est montée rotative par rapport au fond 72 et est couplée à un moteur 76 (Figure 1) d'entraînement de la racle 74.

Le fond 72 de la cuve 68 est muni d'ouvertures de sortie 78, chaque ouverture de sortie 78 alimentant un pot de stockage 66 respectif.

Le distributeur 64 comprend un système de fermeture 80 (Figure 1) respectif associé à chaque ouverture de sortie 78 pour ouvrir ou fermer l'ouverture de sortie 78 respective.

La racle 74 est prévue pour pousser la poudre d' UO_2 reposant sur le fond 72 de la cuve 68 vers les ouvertures de sortie 78 du fait de la rotation de la racle 74.

Telle qu'illustré sur la Figure 3, la paroi latérale 70 est cylindrique circulaire centrée sur un axe central R et le fond 72 comprend plusieurs ouvertures de sortie 78 (ici trois) réparties sur le fond 72. Les ouvertures de sortie 78 sont ici réparties de préférence uniformément sur un cercle imaginaire centré sur l'axe central R.

La racle 74 est montée rotative autour de l'axe central R. La racle 74 comprend au moins un bras de raclage 82 s'étendant radialement et présentant une face de raclage 82A concave.

La concavité de la face de raclage 82A est telle que la face de raclage 82A s'étend radialement vers l'extérieur à partir de l'axe central R en s'éloignant progressivement d'un rayon de référence passant par l'axe central R et l'extrémité de la face de raclage 82A la plus éloignée de l'axe central R, puis en se rapprochant progressivement dudit rayon de référence.

La portion la plus éloignée dudit rayon de référence de chaque face de raclage 82A concave est de préférence située radialement en regard des ouvertures de sortie 78. En d'autres termes, la portion la plus éloignée dudit rayon de référence de chaque face de raclage 82A concave parcourt le cercle imaginaire le long duquel sont situées les ouvertures de sortie 78.

Cette forme permet de ramener la poudre vers les ouvertures de sortie 78 du fait de la rotation de la racle 74. La poudre située vers le centre de la cuve 68 est repoussée vers la périphérie et la poudre située vers la périphérie de la cuve 68 est ramenée vers le centre de la cuve 68.

Ceci permet de réaliser un vidage complet de la cuve 68 sans nécessiter l'arrêt de la production ou de l'alimentation en poudre d' UO_2 .

La racle 74 possède ici deux bras de raclage 82 diamétralement opposés. La racle 74 présente en vue suivant l'axe central R une forme en S. En variante, la racle 74 présente un seul bras de raclage 82 ou plus de deux bras de raclage 82.

Dans la configuration présentée la cuve 68 est circulaire, les ouvertures de sortie 78 sont positionnées suivant un cercle, et le mouvement de la racle 74 est circulaire.

De manière plus générale, la cuve 68, les ouvertures de sortie 78 et la racle 74 ont des géométries, des positions et un mouvement adaptés pour permettre le vidage complet de la cuve 68 sans nécessiter l'arrêt de la production ou de l'alimentation en poudre d' UO_2 .

L'alimentation de chaque pot de stockage 66 est commandée par le système de fermeture 80 commandant l'ouverture de l'ouverture de sortie 78 alimentant ce pot de stockage 66.

Chaque pot de stockage 66 est prévu pour stocker temporairement de la poudre d' UO_2 avant de la transférer vers la station de remplissage 22 lorsque le pot de stockage 66 est plein, la poudre stockée est suffisamment refroidie et un récipient 24 vide est en position pour être rempli.

Chaque pot de stockage 66 est configuré pour le refroidissement de la poudre d' UO_2 reçue dans le pot de stockage 66.

Chaque pot de stockage 66 possède un dispositif de refroidissement par gaz 83 prévu pour générer une circulation de gaz à travers le pot de stockage 66. Le gaz est de préférence un gaz neutre, par exemple de l'azote (N_2). Ceci permet de conserver la poudre d' UO_2 sous atmosphère de gaz neutre et d'assurer son refroidissement.

Chaque dispositif de refroidissement par gaz 83 comprend ici un dispositif d'injection 84 pour injecter du gaz neutre en partie inférieure du pot de stockage 66 et un dispositif de captage et de filtration 86 pour récupérer et filtrer le gaz neutre en partie supérieure du pot de stockage 66.

Avantageusement, le dispositif d'injection 84 est configuré pour une injection du gaz neutre de manière homogène dans la poudre d' UO_2 reçue dans le pot de stockage 66. Ceci permet notamment d'extraire l'humidité résiduelle pouvant être piégée dans la poudre, d'éviter le compactage de la poudre au cours de son refroidissement et ainsi de fluidiser la poudre et faciliter son chargement dans un récipient 24. Pour ce faire, le dispositif d'injection 84 comprend par exemple un diffuseur poreux réalisé en métal fritté.

Chaque pot de stockage 66 possède une sortie commandée par une vanne de sortie 85 commandant l'écoulement de la poudre d' UO_2 à la sortie du pot de stockage 66. La sortie de chaque pot de stockage 66 est raccordée à une vis sans fin de sortie 87 dédiée à ce pot de stockage 66, les vis sans fin de sortie 87 alimentant une vis sans fin de chargement 88 prévue pour alimenter le conduit de remplissage 28 de la station de remplissage 22 avec la poudre d' UO_2 .

L'entrée du conduit de remplissage 28 est commandée par une vanne d'entrée 90.

En fonctionnement, le réacteur 4 et le four 6 sont alimentés en continu en gaz réactifs et produisent en continu de la poudre d' UO_2 . La poudre d' UO_2 sortant du four 6 est collectée par le distributeur 64 qui distribue la poudre d' UO_2 dans les pots de stockage 66 de manière successive et cyclique. Le distributeur 64 remplit un pot de stockage 66 puis passe au pot de stockage 66 suivant jusqu'à avoir rempli tous les pots de stockage 66, puis recommence de manière cyclique. Les pots de stockage 66 sont vidés au fur et à mesure de leur remplissage, de sorte qu'ils ne sont pas tous pleins simultanément.

La poudre d' UO_2 est refroidie dans chaque pot de stockage 66.

Lorsque la poudre d' UO_2 contenue dans un pot de stockage 66 est refroidie et qu'un récipient 24 est prêt à être rempli, la vanne de sortie 85 de ce pot de stockage 66 est ouverte pour alimenter la vis sans fin de sortie 87 de ce pot de stockage 66, qui alimente à son tour la vis sans fin de chargement 88, qui alimente le conduit de remplissage 28.

Pour l'alimentation d'un pot de stockage 66, la racle 74 est entraînée en rotation et le système de fermeture 80 associé à l'ouverture de sortie 78 alimentant ce pot de stockage 66 est ouvert. Du fait de la rotation de la racle 74, la poudre est poussée vers l'ouverture de sortie 78 ouverte et s'écoule vers le pot de stockage 66.

Du fait de la configuration plate du fond 72 associée à une racle 74, il n'existe pas de zone morte dans le distributeur 64 dans lequel de la poudre d' UO_2 pourrait former un amas. Un tel amas pourrait conduire à une contamination atmosphérique lors d'une intervention de maintenance par un opérateur ou à un risque de criticité.

Le récipient 24 permet de transférer la poudre d' UO_2 , par exemple vers une station de pastillage pour former des pastilles d' UO_2 à partir de la poudre d' UO_2 , par exemple par frittage. Dans la configuration illustrée, il est nécessaire de retourner le récipient 24 pour le vider et charger la poudre d' UO_2 dans la station de pastillage.

Avantageusement, le distributeur 64 est configuré pour recevoir quatre pots de stockage 66 en parallèle. Pendant que l'un des quatre pots de stockage 66 est en cours de remplissage, le second des quatre pots de stockage 66 est en cours de

refroidissement, le troisième des quatre pots de stockage 66 est en cours de vidage et le quatrième des quatre pots de stockage 66 est vide. Le quatrième des quatre pots de stockage 66 reste ainsi disponible en cas d'arrêt non planifié de l'installation de production de poudre de combustible nucléaire 1 pour permettre d'évacuer la totalité de la matière fissile présente dans l'installation de conversion 2 et pour mettre l'installation de conversion 2 en conditions d'arrêt sûr.

Comme illustré sur la Figure 4, l'installation de production de poudre de combustible nucléaire 1 comprend une station de retournement 100 permettant de retourner et de vider un récipient 24.

La station de retournement 100 comprend un châssis 102, un porte-récipient 104 pour saisir un récipient 24, au moins un bras de levage 106 monté pivotant sur le châssis 102 autour d'un premier axe de rotation R1, le porte-récipient 104 étant monté mobile en rotation sur le bras de levage 106 autour d'une deuxième axe de rotation R2 distinct du premier axe de rotation R1 et parallèle au premier axe de rotation R1, et un mécanisme de retournement 108 pour provoquer une rotation du porte-récipient 104 par rapport au bras de levage 106 uniquement du fait de la rotation du bras de levage 106 par rapport au châssis 102.

Le porte-récipient 104 comprend deux bras de soulèvement 110 prévus pour s'insérer dans des évidements 111 d'un cadre 112 fixé sur le récipient 24.

Le porte-récipient 104 comprend un dispositif de verrouillage 114 comprenant des organes de verrouillage 116 mobiles pour s'insérer dans des évidements (non visibles) du cadre 112 afin de bloquer le récipient 24 en coulissement le long des bras de soulèvement 110.

La station de retournement 100 comprend ici deux bras de levage 106 couplés en rotation par un arbre 118. L'arbre 118 est monté mobile en rotation sur le châssis 102 autour du premier axe de rotation R1, et les bras de levage 106 sont fixés aux extrémités de l'arbre 118, chaque bras de levage 106 étant fixé à une extrémité respective de l'arbre 118.

La station de retournement 100 comprend un système de levage 119 pour faire pivoter les bras de levage 106 autour du premier axe de rotation R1. Le système de levage 119 comprend un actionneur 120 relié aux bras de levage 106 pour les faire pivoter autour du premier axe de rotation R1.

L'actionneur 120 est ici un vérin hydraulique ayant une première extrémité reliée au châssis 102 et une deuxième extrémité opposée à la première extrémité reliée à une bielle 122 liée en rotation aux bras de levage 106. La bielle 122 est ici fixée sur

l'arbre 118. En variante, l'actionneur 120 peut être un vérin pneumatique ou un vérin électrique.

Le châssis 102 comprend un dispositif de blocage 124 comprenant des organes de blocage 126 mobiles pour s'insérer dans des évidements de blocage 128 du cadre 112 pour immobiliser le récipient 24 par rapport au châssis 102 lorsque le récipient 24 est en position retournée.

Chaque organe de blocage 126 est commandé par un actionneur de blocage 130 respectif. Tel qu'illustré sur la Figure 4, les organes de blocage 126 sont écartés pour permettre le retournement du récipient 24 et sont rapprochés pour s'insérer dans les évidements de blocage 128 et bloquer le récipient 24 retourné.

Les Figures 5 et 6 illustrent la station de retournement 100 respectivement dans une position de saisie (Figure 5) permettant de saisir le récipient 24, et une position de retournement (Figure 6) dans laquelle le récipient 24 est retourné. Sur la Figure 6, le récipient 24 est bloqué par le dispositif de blocage 124.

Comme visible sur les Figures 5 et 6, le mécanisme de retournement 108 comprend un premier pignon 132 monté rotatif sur le bras de levage 106 en étant assujéti en rotation au châssis 102, un deuxième pignon 134 monté rotatif sur le bras de levage 106 en étant assujéti en rotation au porte-récipient 104, et un mécanisme d'entraînement 135 reliant le premier pignon 132 au deuxième pignon 134.

Le premier pignon 132 est ici lié en rotation au châssis 102 par l'intermédiaire d'un bras de blocage 136 ayant une extrémité liée en rotation au premier pignon 132 et son autre extrémité fixé sur le châssis 102, de sorte que le bras de blocage 136 et donc le premier pignon 132 sont immobiles en rotation par rapport au châssis 102.

Le mécanisme d'entraînement 135 comprend par exemple une chaîne d'entraînement 138 passant sur le premier pignon 132 et le deuxième pignon 134.

Lors de la rotation du bras de levage 106, le premier pignon 132 pivote par rapport au bras de levage 106, de sorte que le deuxième pignon 134 pivote également par rapport au bras de levage 106. Le deuxième pignon 134 décrit un arc de cercle autour du premier pignon 132 tout en pivotant autour de son axe.

Avec cette configuration de montage de la station de retournement 100, la simple rotation du bras de levage 106 engendre un mouvement épicycloïdal du porte-récipient 104 et du récipient 24. Le porte-récipient 104 décrit un arc de cercle autour de l'axe de rotation R1 en même temps qu'il pivote autour de l'axe de rotation R2. Ceci permet d'obtenir le levage et le retournement du récipient 24 dans un seul et même mouvement. La commande de la rotation du porte-récipient 104 est obtenue de manière simple et facile à mettre en œuvre.

La station de retournement 100 comprend un receveur 140 pour recevoir la poudre sortant du récipient 24 retourné.

La station de retournement 100 est munie d'un système d'aspiration analogue au système d'aspiration 32 de la station de remplissage 22. Le système d'aspiration de la station de retournement 100 comprend notamment un anneau d'aspiration 142 au travers duquel se déverse la poudre depuis l'ouverture d'entrée 35 du récipient 24 retourné jusqu'à l'entrée du receveur 140. L'anneau d'aspiration 142 est analogue à celui de la station de remplissage 22.

Comme illustré sur la Figure 1, la station de retournement 100 comprend un capteur de présence 144 pour détecter la présence du récipient 24 en position retournée. Le capteur de présence 144 est par exemple un capteur inductif. Le capteur de présence 144 est ici disposé à proximité du dispositif de blocage 124.

Le dispositif de blocage 124 est configuré pour bloquer le récipient 24 en fonction du signal fourni par le capteur de présence 144.

Le récipient 24 est muni d'un système d'ouverture 146 commandant l'ouverture et la fermeture du récipient 24.

La station de retournement 100 est configurée pour commander le système d'ouverture 146 du récipient 24 en fonction du signal fourni par le capteur de présence 144, et en particulier pour commander l'ouverture du récipient 24 seulement lorsque la présence du récipient 24 en position retournée est détectée par le capteur de présence 144.

La station de retournement 100 est configurée pour activer une aspiration par l'intermédiaire de l'anneau d'aspiration 142 en fonction du signal fourni par le capteur de présence 144. L'aspiration par l'intermédiaire de l'anneau d'aspiration 142 est activée seulement lorsque la présence du récipient 24 retourné est détectée.

En option, la station de retournement 100 comprend un joint gonflable pour l'accostage du récipient 24 avec le receveur 140. Ceci permet d'assurer un accostage étanche en tenant compte de tolérances de positionnement.

La station de retournement 100 permet une manipulation du récipient 24 en toute sécurité, avec un minimum d'intervention humaine. En outre, la station de retournement 100 est simple, robuste et facile à nettoyer. Le mécanisme de retournement 108, utilisant un actionneur 120 hydraulique ou pneumatique pour simultanément soulever et retourner le récipient 24, permet un retournement du récipient 24 en douceur, assurant une vidange complète de la poudre d' UO_2 , sans laisser de poudre dans le récipient 24 et sans disperser de poudre lors du transvasement de poudre du récipient 24 dans le receveur 140.

L'installation de production de poudre de combustible nucléaire 1 dans son ensemble permet la production et la fourniture de poudre d' UO_2 , notamment à une station de production de pastilles d' UO_2 , en cours de production et pendant les opérations de maintenance, en limitant la formation d'amas dans l'installation de conversion 2 et en

5 limitant la dispersion de poudre d' UO_2 dans l'atmosphère pendant le vidage et le remplissage des récipients 24.

REVENDICATIONS

1.- Installation de production de poudre de combustible nucléaire comprenant

- une installation de conversion (2) d'hexafluorure d'uranium (UF_6) en dioxyde d'uranium (UO_2), l'installation de conversion (2) comprenant :

- un réacteur (4) d'hydrolyse pour la conversion d' UF_6 en poudre d'oxyfluorure d'uranium (UO_2F_2) par réaction entre de l' UF_6 gazeux et de la vapeur d'eau sèche injectés dans le réacteur (4) ; et

- un four (6) de pyrohydrolyse pour la conversion de la poudre d' UO_2F_2 en poudre d' UO_2 par réaction de la poudre d' UO_2F_2 avec de la vapeur d'eau sèche et du dihydrogène (H_2) gazeux circulant dans le four (6) ; et

- un ensemble de conditionnement (20) de la poudre d' UO_2 , l'ensemble de conditionnement (20) comprenant une station de remplissage (22) d'un récipient (24) avec de la poudre d' UO_2 , la station de remplissage (22) comprenant une enceinte de confinement (26), un conduit de remplissage (28) alimenté en poudre d' UO_2 à partir du four (6) et ayant une sortie (30) débouchant dans l'enceinte de confinement (26), et un système d'aspiration (32) comprenant un anneau d'aspiration (34) disposé à la sortie (30) du conduit de remplissage (28) pour aspirer un flux d'air (A) annulaire autour d'un flux (P) de poudre d' UO_2 tombant de la sortie (30) du conduit de remplissage (28) dans le récipient (24).

2.- Installation selon la revendication 1, dans laquelle la station de remplissage (22) comprend un système de ventilation (48) pour mettre en dépression l'enceinte de confinement (26) et aspirer et filtrer l'air présent dans l'enceinte de confinement (26).

3.- Installation selon la revendication 1 ou 2, dans laquelle l'enceinte de confinement (26) est une cabine comprenant une porte (54) pour introduire ou extraire le récipient (24) dans ou hors de la cabine.

4.- Installation selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant un système d'alarme (58) comprenant un capteur (60) disposé dans l'enceinte de confinement (26) pour mesurer la pression dans l'enceinte de confinement (26) et une alarme (62) pour émettre un signal d'alarme en cas de surpression à l'intérieur de l'enceinte de confinement (26).

5.- Installation selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle l'enceinte de confinement (26) est équipée d'un dispositif de contrôle de contamination radioactive (57) disposé dans l'enceinte de confinement (26) pour réaliser un contrôle de la contamination à l'intérieur de l'enceinte de confinement (26).

6.- Installation selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant au moins deux pots de stockage (66) de poudre d' UO_2 et un distributeur (64) pour distribuer la poudre d' UO_2 successivement vers les pots de stockage (66), le conduit de remplissage (28) étant alimenté successivement à partir des pots de stockage (66).

5 7.- Installation selon la revendication 6, dans laquelle le distributeur (64) possède une cuve (68) à fond (72) plat et au moins une racle (74) de raclage du fond (72) de la cuve (68).

10 8.- Installation selon la revendication 7, dans laquelle le distributeur (64) comprend des ouvertures de sortie (78) pour la poudre d' UO_2 ménagées dans le fond (72) de la cuve (68), chaque ouverture de sortie (78) alimentant un pot de stockage (66) respectif.

9.- Installation selon l'une quelconque des revendications 6 à 8, comprenant un dispositif d'injection de gaz neutre (69) configuré pour injecter un gaz neutre à l'intérieur du distributeur (64).

15 10.- Installation selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant une station de retournement (100) pour retourner et vider un récipient (24) rempli d' UO_2 .

20 11.- Installation selon la revendication 10, dans laquelle la station de retournement (100) comprend un système d'aspiration comprenant un anneau d'aspiration (142) disposé pour être situé à proximité d'une ouverture d'entrée (35) d'un récipient (24) retourné par la station de retournement (100).

25 12.- Installation selon la revendication 10 ou 11, dans laquelle la station de retournement (100) comprend un châssis (102), un porte-récipient (104) pour saisir un récipient (24), au moins un bras de levage (106) monté pivotant sur le châssis (102) et portant le porte-récipient (104), et un mécanisme de retournement (108) pour commander une rotation du porte-récipient (104) par rapport au bras de levage (106), le mécanisme de retournement (108) étant configuré de telle manière que la rotation du bras de levage (106) par rapport au châssis (102) provoque la rotation du porte-récipient (104) par rapport au bras de levage (106).

30 13.- Installation selon la revendication 12, dans laquelle le mécanisme de retournement (108) comprend un premier pignon (132) monté rotatif sur le bras de levage (106) en étant assujéti en rotation au châssis (102), un deuxième pignon (134) monté rotatif sur le bras de levage (106) en étant assujéti en rotation au porte-récipient (104), et un mécanisme d'entraînement (135) reliant le premier pignon (132) au deuxième pignon (134).

14.- Installation selon l'une des revendications 12 et 13, dans laquelle la station de retournement (100) comprend un dispositif de blocage (124) disposé sur le châssis (102) pour bloquer le récipient (24) en position retournée.

5 15.- Installation selon l'une quelconque des revendications 10 à 14, dans laquelle la station de retournement (100) comprend un capteur de présence (144) pour détecter la présence du récipient (24) en position retournée, le récipient (24) comprenant un système d'ouverture (146) pour ouvrir ou fermer le récipient (24), la station de retournement (100) étant configurée pour ouvrir le système d'ouverture (146) seulement lorsque la présence du récipient (24) en position retournée est détectée par le capteur de présence (144).

10 16.- Installation selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant un joint d'étanchéité (11) disposé à l'entrée (10) du four (6), un joint d'étanchéité (11) disposé à la sortie (12) du four (6) et/ou un joint d'étanchéité (11) disposé entre le réacteur (4) et un dispositif de transfert (18) configuré pour transférer la poudre d' UO_2F_2 du réacteur (4) vers le four (6), l'installation étant configurée pour la mise en pression du ou de chaque joint d'étanchéité (11) avec un gaz neutre.

15 17.- Installation selon l'une quelconque des revendications précédentes, configurée pour l'injection d'un gaz neutre dans le réacteur (4) pour la réalisation de la conversion d' UF_6 en poudre d' UO_2F_2 sous atmosphère de gaz neutre.

20 18.- Installation selon la revendication 16 ou 17, dans laquelle le gaz neutre est de l'azote (N_2).

1/5

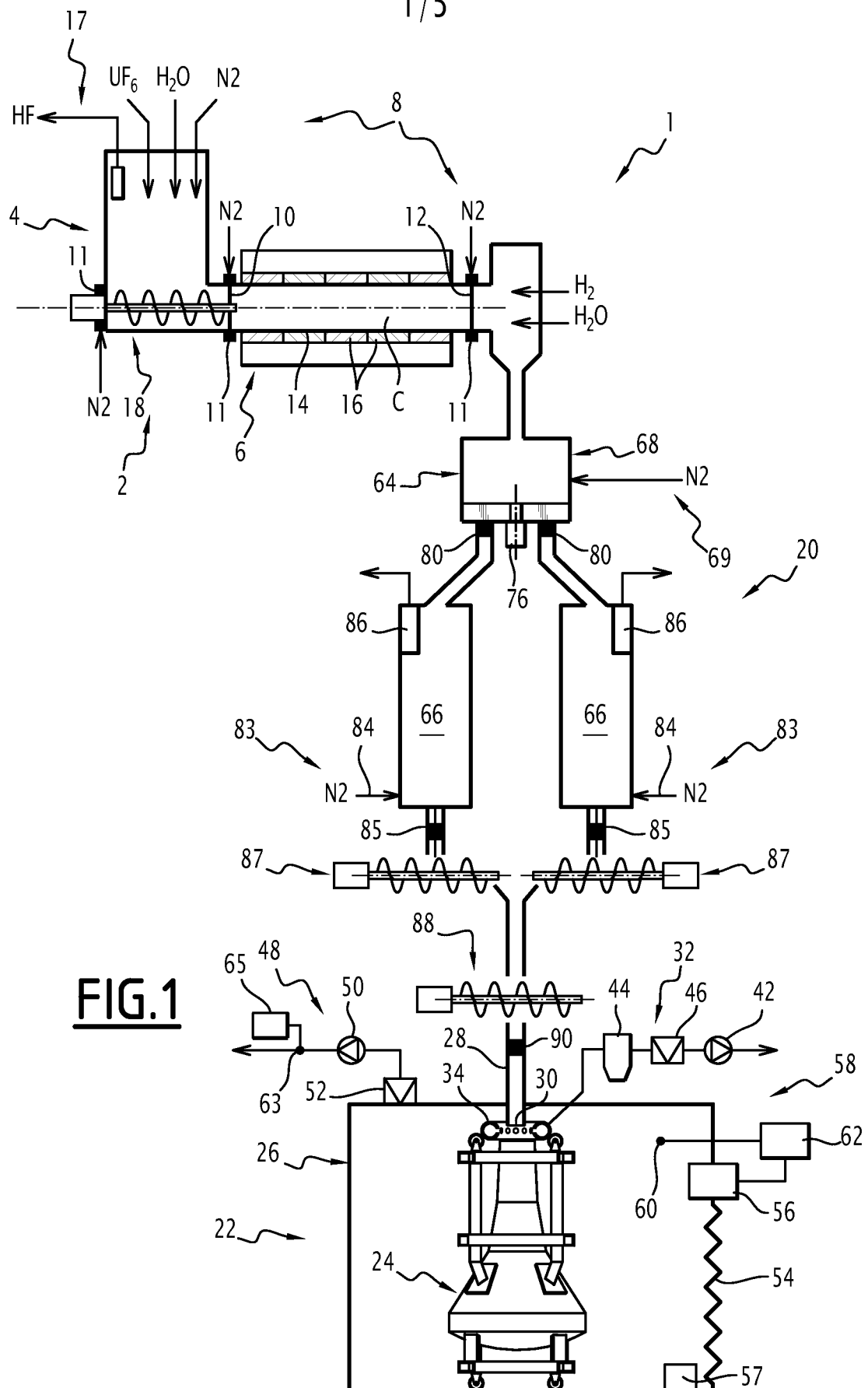


FIG.1

2/5

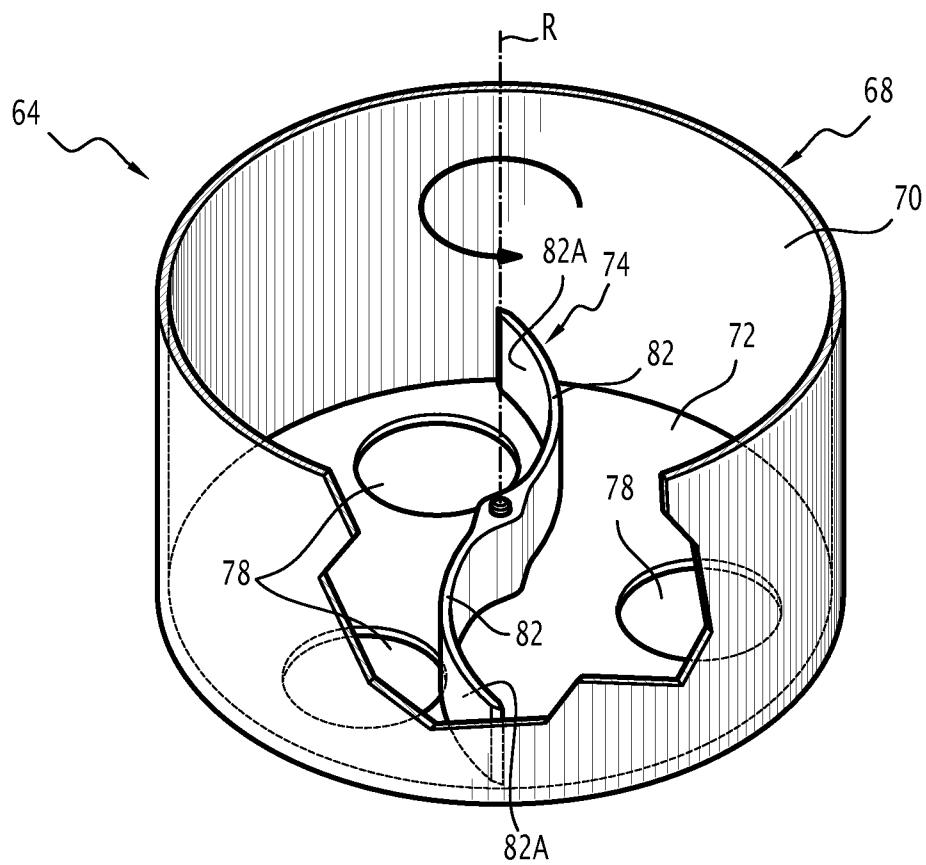
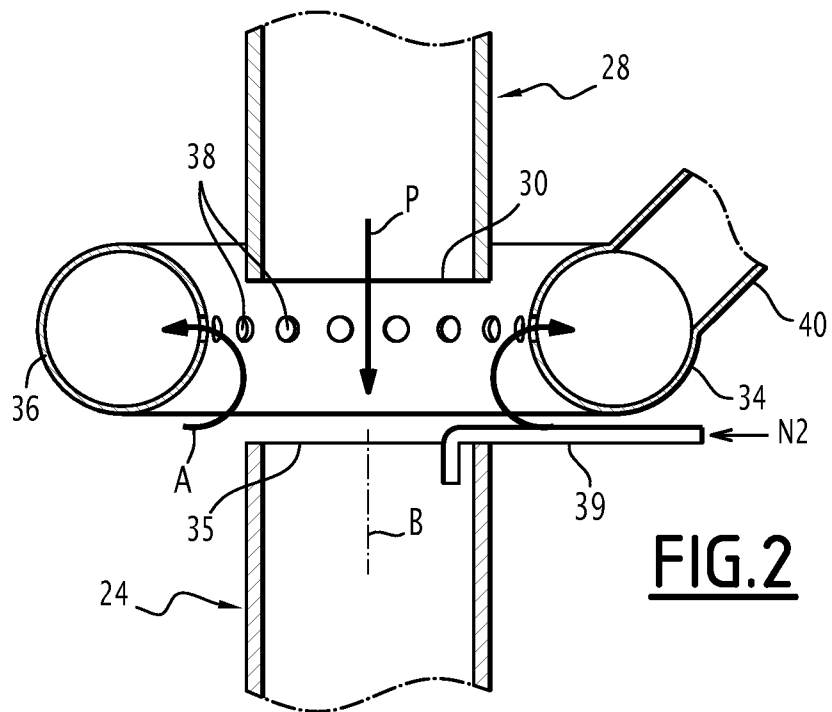


FIG.3

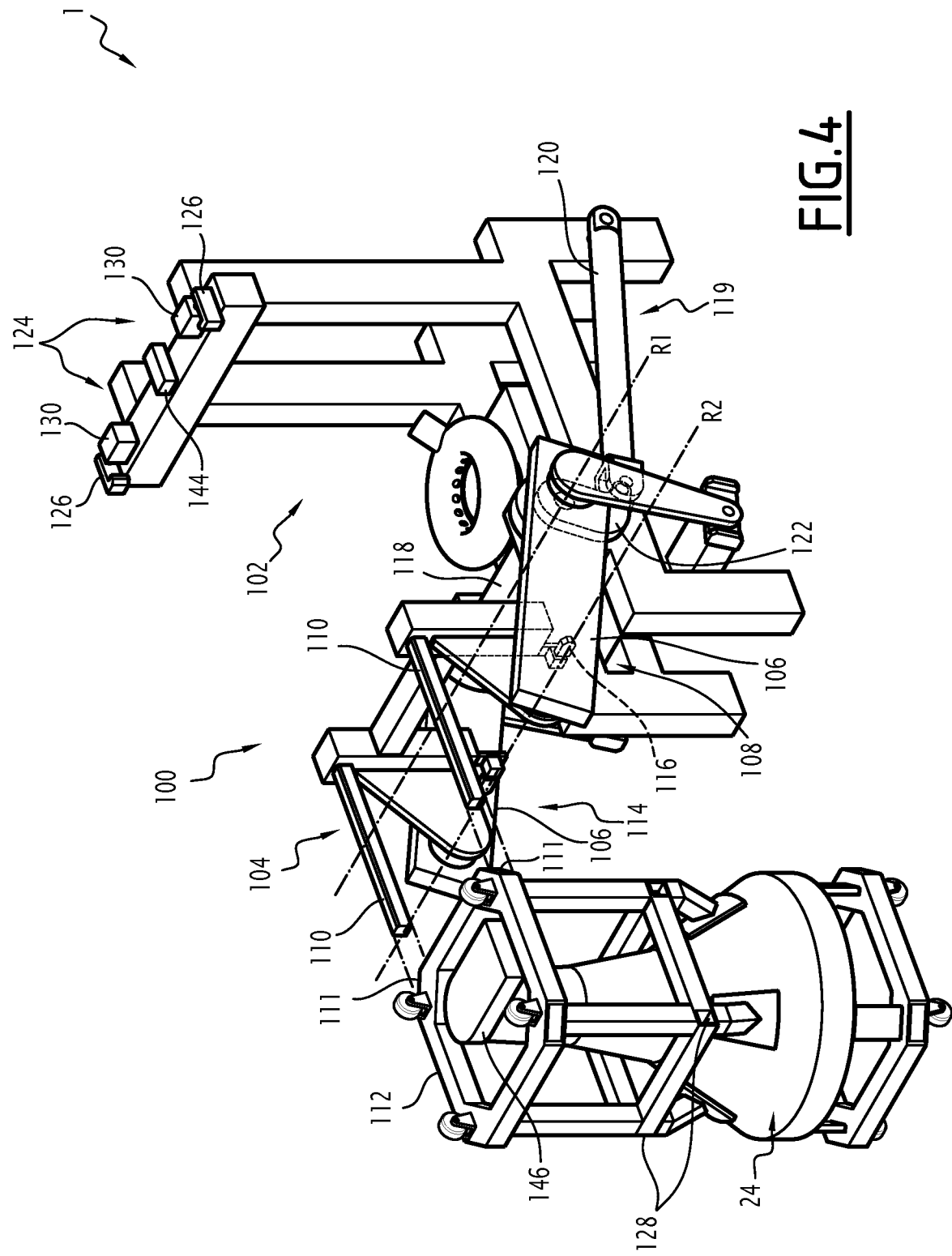


FIG. 4

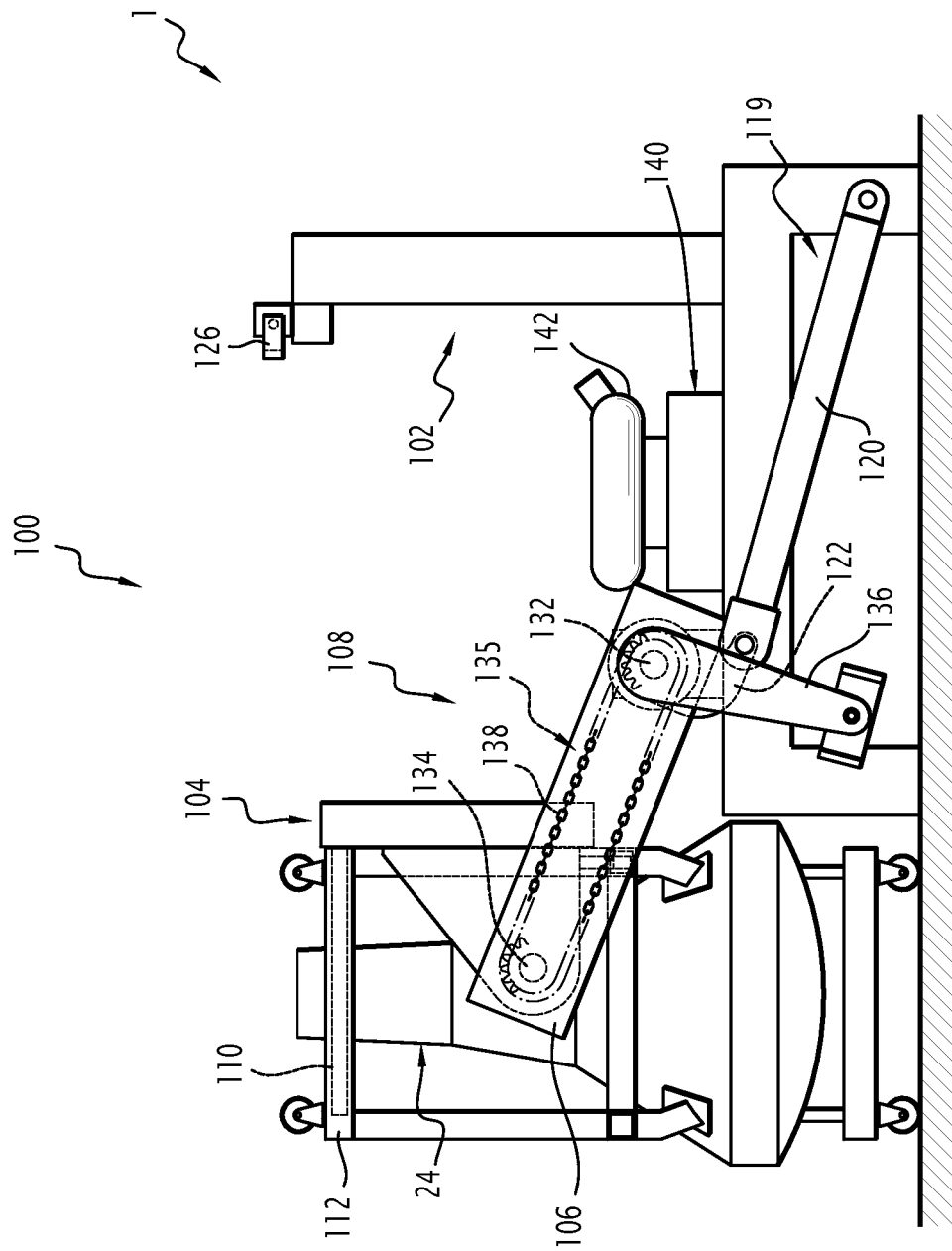
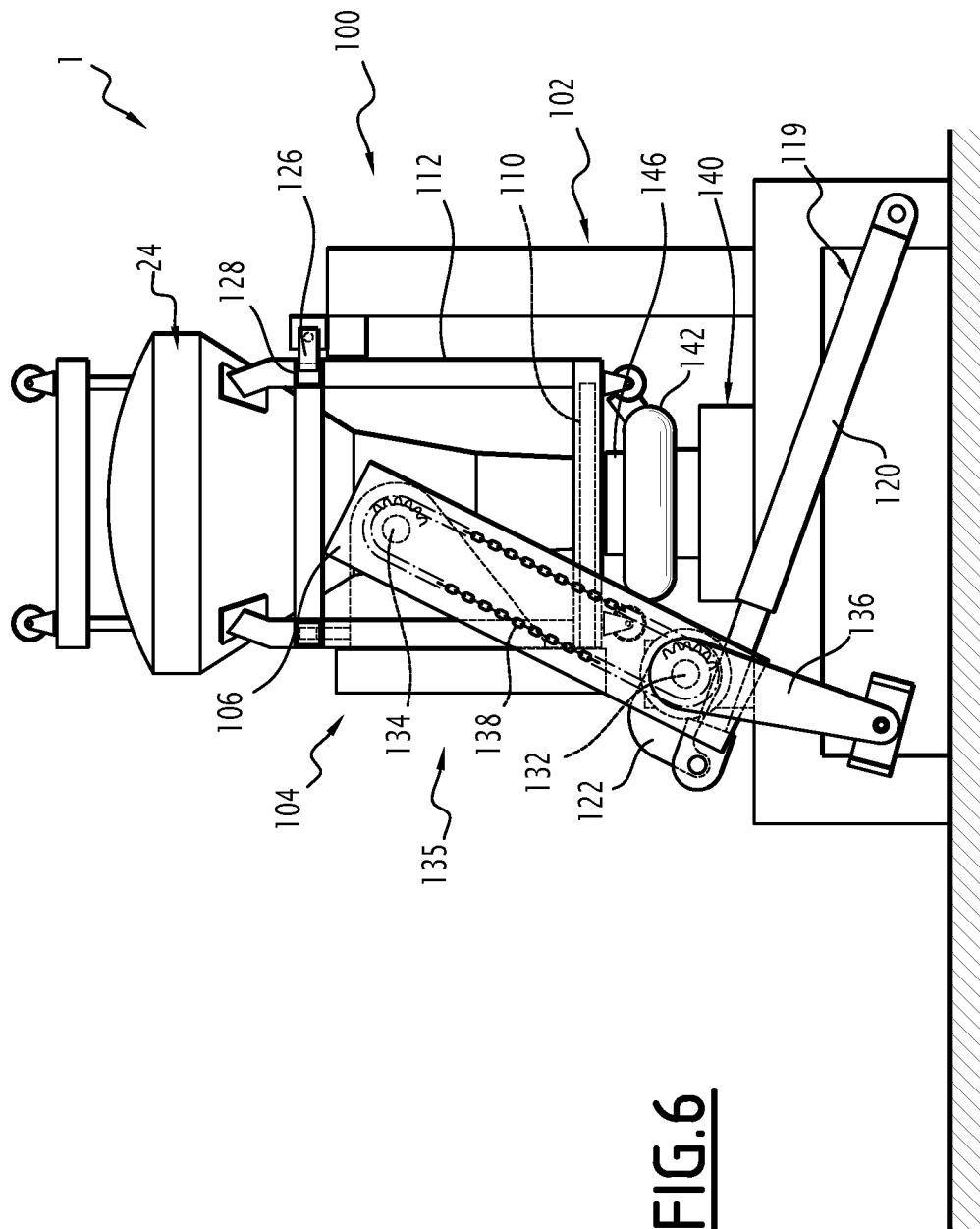


FIG. 5

5/5



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/FR2018/052498**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****G21C 3/62**(2006.01)i; **G21C 19/48**(2006.01)i; **G21C 21/00**(2006.01)i; **C01G 43/00**(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C01G; G21C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4112055 A (ARTAUD ROBERT) 05 September 1978 (1978-09-05) column 2, line 10 - column 3, line 47; figure 1	1-8
A	US 3925965 A (RUSHWORTH GEORGE E) 16 December 1975 (1975-12-16) column 1, lines 45-48; figure 4 column 4, lines 11-15	1
A	EP 0148707 A2 (FRAGEMA FRAMATOME & COGEMA [FR]; PECHINEY URANIUM [FR]) 17 July 1985 (1985-07-17) page 4, line 24 - page 6, line 4; figures 1, 2	1-18



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

25 June 2019

Date of mailing of the international search report

09 July 2019

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Sewtz, Michael

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/FR2018/052498

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	4112055	A	05 September 1978	BE	841602	A	01 September 1976
				CA	1079487	A	17 June 1980
				FR	2310315	A1	03 December 1976
				GB	1548300	A	11 July 1979
				IT	1062999	B	11 February 1985
				US	4112055	A	05 September 1978
US	3925965	A	16 December 1975	ES	422474	A1	16 April 1977
				FR	2214941	A1	19 August 1974
				JP	S49103094	A	28 September 1974
				US	3925965	A	16 December 1975
EP	0148707	A2	17 July 1985	EP	0148707	A2	17 July 1985
				ES	8701691	A1	16 December 1986
				FR	2557557	A1	05 July 1985
				YU	223784	A	30 June 1987
				ZA	8410116	B	26 February 1986

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2018/052498

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. G21C3/62 G21C19/48 G21C21/00 C01G43/00 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) C01G G21C		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 4 112 055 A (ARTAUD ROBERT) 5 septembre 1978 (1978-09-05) colonne 2, ligne 10 - colonne 3, ligne 47; figure 1 -----	1-8
A	US 3 925 965 A (RUSHWORTH GEORGE E) 16 décembre 1975 (1975-12-16) colonne 1, lignes 45-48; figure 4 colonne 4, lignes 11-15 -----	1
A	EP 0 148 707 A2 (FRAGEMA FRAMATOME & COGEMA [FR]; PECHINEY URANIUM [FR]) 17 juillet 1985 (1985-07-17) page 4, ligne 24 - page 6, ligne 4; figures 1, 2 -----	1-18
☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents ☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités: "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 25 juin 2019		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 09/07/2019
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Sewtz, Michael

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2018/052498

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 4112055	A	05-09-1978	BE 841602 A	01-09-1976
			CA 1079487 A	17-06-1980
			FR 2310315 A1	03-12-1976
			GB 1548300 A	11-07-1979
			IT 1062999 B	11-02-1985
			US 4112055 A	05-09-1978

US 3925965	A	16-12-1975	ES 422474 A1	16-04-1977
			FR 2214941 A1	19-08-1974
			JP S49103094 A	28-09-1974
			US 3925965 A	16-12-1975

EP 0148707	A2	17-07-1985	EP 0148707 A2	17-07-1985
			ES 8701691 A1	16-12-1986
			FR 2557557 A1	05-07-1985
			YU 223784 A	30-06-1987
			ZA 8410116 B	26-02-1986
