

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②② Date de dépôt : 12.06.15.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public de la
demande : 16.12.16 Bulletin 16/50.

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

⑥③ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : AREVA NC — FR.

⑦② Inventeur(s) : JOURDAN ALEX et DUPOIZAT
MARC.

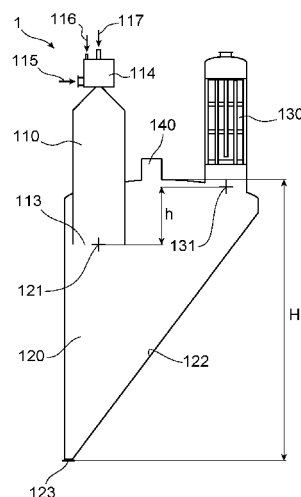
⑦③ Titulaire(s) : AREVA NC.

⑦④ Mandataire(s) : BREVALEX Société à responsabilité
limitée.

⑤④ INSTALLATION, PROCEDE DE DENITRATION THERMIQUE, UTILISATION D'UNE TELLE INSTALLATION ET
PRODUIT OBTENU PAR UN TEL PROCEDE.

⑤⑦ L'invention concerne une installation (1) de dénitrification thermique d'un nitrate d'uranyle hydraté en trioxyde d'uranium UO₃. L'installation (1) comporte un brûleur (114) et une chambre de réaction (110) configurés pour réaliser une dénitrification thermique du nitrate d'uranyle hydraté et former du trioxyde d'uranium UO₃ se présentant sous la forme de particules. L'installation comporte en outre une chambre de séparation (120) adaptée pour séparer des particules d'UO₃ des gaz issus de la dénitrification thermique réalisée dans la chambre de réaction (110), et au moins un filtre (130) configuré pour épurer les gaz. La chambre de séparation (120) est une chambre de décantation dans laquelle débouche directement la chambre de réaction (110). Le filtre (130) est apte à réaliser la séparation à une température supérieure ou égale à 350 °C.

L'invention concerne également une utilisation d'une telle installation, un procédé de dénitrification thermique et des particules d'UO₃ obtenues par un tel procédé.



INSTALLATION, PROCÉDÉ DE DÉNITRATION THERMIQUE, UTILISATION D'UNE TELLE INSTALLATION ET PRODUIT OBTENU PAR UN TEL PROCÉDÉ

DESCRIPTION

5 **DOMAINE TECHNIQUE**

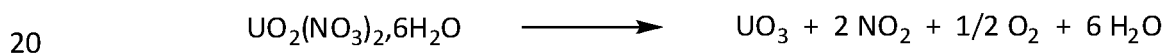
La présente invention se rapporte à une installation de dénitrification thermique d'un nitrate d'uranyle hydraté pour l'obtention de trioxyde d'uranium, ce dioxyde d'uranium se présentant sous la forme de particules.

10 L'invention se rapporte également à une utilisation d'une telle installation pour réaliser une dénitrification thermique d'un nitrate d'uranyle hydraté, en particulier la dénitrification thermique du nitrate d'uranyle hexahydraté.

La présente invention se rapporte enfin à un procédé de dénitrification thermique d'un nitrate d'uranyle hydraté en trioxyde d'uranium, ainsi qu'au trioxyde d'uranium obtenu directement par ce procédé de dénitrification thermique, ce dioxyde
15 d'uranium se présentant sous la forme de particules.

ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE

L'obtention de trioxyde d'uranium UO_3 par dénitrification thermique du nitrate d'uranyle hexahydraté $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ est bien connue et s'effectue selon la réaction suivante :



Le trioxyde d'uranium UO_3 obtenu peut alors être réduit en dioxyde d'uranium UO_2 . Par réaction avec l'acide fluorhydrique, ce dioxyde d'uranium UO_2 peut être ensuite transformé en tétrafluorure d'uranium UF_4 qui joue un rôle majeur dans divers procédés de l'industrie nucléaire.

25 Comme enseigné par le document WO 84/02124 A1, ci-après référencé [1], le rendement de la réaction de fluoruration de UO_2 en UF_4 est directement lié à la réactivité du dioxyde d'uranium UO_2 et, partant, à celle du trioxyde d'uranium UO_3 obtenu en amont par dénitrification thermique. Le document [1] précise que cette réactivité

du trioxyde d'uranium UO_3 est directement corrélée à sa surface spécifique qui, mesurée selon la méthode BET, doit présenter une valeur au moins égale à $15 \text{ m}^2/\text{g}$.

Le document US 5,628,048, référencé [2], confirme qu'un trioxyde d'uranium UO_3 est considéré comme très réactif s'il présente une surface spécifique BET comprise entre $12 \text{ m}^2/\text{g}$ et $15 \text{ m}^2/\text{g}$. Plus particulièrement, le procédé qui est décrit dans ce document [2] pour obtenir, à partir d'une solution de nitrate d'uranyle, un trioxyde d'uranium présentant une telle surface spécifique, consiste à réaliser, dans une zone d'une chambre de réaction dite zone de contact, un contact thermomécanique entre la solution de nitrate d'uranyle, pulvérisée en fines gouttelettes selon un axe donné dans la zone de contact, et un fluide gazeux introduit dans la zone de contact, le fluide gazeux étant à une température suffisamment élevée et possédant une énergie mécanique suffisamment élevée pour réaliser, dans la zone de contact, la déshydratation et la calcination du nitrate d'uranyle.

Le document [2] décrit, par ailleurs, une installation de dénitrification thermique du nitrate d'uranyle convenant pour la mise en œuvre du procédé ci-dessus.

Cette installation, représentée schématiquement sur la figure 1 annexée et décrite en relation avec la dénitrification thermique du nitrate d'uranyle hexahydraté, comprend :

- un brûleur 4,
- une chambre de réaction 1 disposée en sortie du brûleur 4 et comportant une entrée en nitrate d'uranyle hexahydraté et configurée pour réaliser une dénitrification thermique du nitrate d'uranyle hexahydraté et former du trioxyde d'uranium UO_3 se présentant sous la forme de particules,
- une chambre de séparation 8 adaptée pour séparer une partie des particules d' UO_3 des gaz issus de la dénitrification thermique réalisée dans la chambre de réaction 1, et
- un filtre 12 configuré pour séparer l'autre partie des particules d' UO_3 desdits gaz et ainsi épurer lesdits gaz.

Dans le document [2], la chambre de réaction 1 est délimitée par une enveloppe cylindrique prolongée à chaque extrémité par un cône réduisant les sections d'entrée 2 et de sortie 3 de la chambre de réaction 1. L'entrée 2 est reliée à un brûleur 4 alimenté en air par la canalisation 5 et en gaz combustible par la canalisation 6. Une canalisation 7 permet d'alimenter la chambre de réaction 1 en nitrate d'uranylle hexahydraté. La sortie 3 de la chambre de réaction 1 est connectée, par l'intermédiaire d'une conduite 9, à la chambre de séparation 8 qui est constituée par un cyclone.

Parmi les particules d' UO_3 formées dans la chambre de réaction 1, celles qui présentent un diamètre moyen de particules d'au moins $15\text{ }\mu\text{m}$ sont récupérées par la conduite 10 connectée à la sortie basse du cyclone 8. Les autres particules, de diamètre moyen de particules inférieur, dites fines particules, sont véhiculées par les événements gazeux en haut du cyclone 8 et sont envoyées par l'intermédiaire de la conduite 11 vers le filtre 12 qui est un filtre à manches. Les fines particules sont récupérées par la conduite 13. Les gaz dépoussiérés sont aspirés, grâce à un ventilateur situé en sortie du filtre 12, par une conduite 14.

La mise en œuvre d'une installation telle que celle décrite dans le document [2] présente toutefois un certain nombre d'inconvénients.

Parmi ces inconvénients, certains sont directement liés aux modalités de collecte des particules d' UO_3 formées dans la chambre de réaction 1.

En premier lieu, la collecte des particules d' UO_3 s'effectue par le biais, non pas d'une seule conduite, mais de deux conduites, en l'espèce les conduites 10 et 13.

Par ailleurs, comme les particules d' UO_3 obtenues par ce procédé présentent un diamètre moyen de particules n'excédant pas $5\text{ }\mu\text{m}$, le rendement de séparation obtenu au moyen du cyclone 8 est faible, typiquement de l'ordre de 30 %, la majeure partie des particules d' UO_3 étant collectée par le filtre à manches 12 et recueillie au niveau de la conduite 13. En conséquence, la mise en œuvre d'une installation telle que celle décrite dans le document [2] conduit à une surcharge permanente du filtre à manches 12. Il y a d'ailleurs lieu de noter que la surcharge survient, même dans le cas où le filtre à manches 12 est équipé d'un dispositif de décolmatage continu. Une telle surcharge du filtre à manches 12 engendre une perte de charge qui peut être

préjudiciable s'agissant d'une installation destinée à traiter des matières nucléaires. En effet, les règles de sûreté appliquées dans le domaine du traitement des matières nucléaires imposent qu'une telle installation soit maintenue en dépression par rapport à l'atmosphère environnante de manière à constituer une barrière de confinement dynamique, notamment dans l'hypothèse d'une fuite sur un des équipements de ladite installation. Aussi, des difficultés de maintien d'une perte de charge faible sur le filtre à manches 12 peuvent se répercuter sur la maîtrise de la dépression globale de l'installation correspondante.

De surcroît, le matériau constituant les manches du filtre à manches 12 se dégrade à partir de températures d'utilisation de l'ordre de 200 °C. Sachant que la température de réaction de dénitrification s'établit entre 350 °C et 500 °C, il est donc impératif de refroidir le flux gazeux circulant dans la conduite 11 par un dispositif complémentaire de circulation d'air frais dont le débit est typiquement de l'ordre de 300 kg/h. L'accroissement du débit global de gaz à traiter en sortie d'installation, débit qui s'établit autour de 460 kg/h à 500 kg/h en sortie de conduite 14, a une incidence négative sur le coût global du procédé de dénitrification thermique, par l'augmentation de la taille des équipements et la consommation énergétique accrue qu'il impose.

En outre, on observe qu'en fonction de leur lieu de collecte, les particules d' UO_3 présentent des caractéristiques morphologiques bien distinctes.

Ainsi, les particules d' UO_3 collectées au niveau de la conduite 10 reliée au cyclone 8 présentent une surface spécifique BET de l'ordre de 20 à 25 m²/g. Ces particules d' UO_3 présentent donc une très bonne réactivité en vue de leur transformation ultérieure en dioxyde d'uranium UO_2 puis en tétrafluorure d'uranium UF_4 .

Les particules d' UO_3 collectées au niveau de la conduite 13 reliée au filtre à manches 12 présentent, quant à elles, une surface spécifique BET inférieure à 12 m²/g. Les particules d' UO_3 collectées au niveau de la conduite 13 présentent donc une réactivité moins performante pour leur transformation en UO_2 puis en UF_4 que celles collectées au niveau de la conduite 13.

La solution retenue à ce jour pour obtenir, avec un bon rendement, des particules d' UO_3 présentant des caractéristiques morphologies compatibles avec la

réactivité requise pour leur transformation ultérieure en UO_2 puis en UF_4 , consiste à opérer le mélange des particules d' UO_3 qui sont respectivement collectées au niveau des conduites 10 et 13 de l'installation décrite dans le document [2]. On obtient ainsi un mélange de particules d' UO_3 présentant une surface spécifique BET moyenne, typiquement comprise entre $12 \text{ m}^2/\text{g}$ et $15 \text{ m}^2/\text{g}$.

D'autres inconvénients sont liés à la configuration de la chambre de réaction 1 de l'installation décrite dans le document [2]. En effet, les particules d' UO_3 formées par dénitrification thermique dans la zone de contact de la chambre de réaction 1 se projettent sur la paroi inférieure conique de cette chambre 1 et provoquent une érosion et donc une usure dans le temps de cette paroi inférieure. En outre, la géométrie conique de l'extrémité inférieure de cette chambre de réaction 1 favorise l'accumulation des particules d' UO_3 et donc le bouchage de la sortie 3, nécessitant des opérations de nettoyage rendant l'installation indisponible durant ces opérations.

Le but de l'invention est, par conséquent, de pallier les inconvénients de l'installation de l'art antérieur et de proposer une installation de dénitrification thermique d'un nitrate d'uranyle hydraté en trioxyde d'uranium qui permette d'obtenir, avec un haut rendement, des particules de trioxyde d'uranium présentant des caractéristiques morphologiques supérieures aux caractéristiques morphologiques présentées par le mélange des particules de trioxyde d'uranium collectées au niveau de la conduite 10 disposée à la sortie de la chambre de séparation ou cyclone 8, d'une part, et de celles collectées au niveau de la conduite 13 disposée à la sortie du filtre à manches 12 de l'installation décrite dans le document [2].

De manière complémentaire, cette installation doit également permettre de résoudre un ou plusieurs des problèmes que l'on peut observer lors de la mise en œuvre de l'installation décrite dans le document [2], en particulier ceux qui sont liés :

- à la perte de charge observée en raison de la surcharge du filtre à manches 12,
- à l'usure de la paroi inférieure de la chambre de réaction 1, ou encore

- au bouchage de la sortie 3 de la chambre de réaction 1.

L'installation selon l'invention doit, en outre, présenter une configuration simplifiée par rapport à celle de l'installation décrite dans le document [2], en évitant notamment la mise en œuvre de dispositifs complémentaires visant à refroidir certains des flux gazeux.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

Les buts précédemment énoncés ainsi que d'autres sont atteints, en premier lieu, par une installation de dénitrification thermique d'un nitrate d'uranyle hydraté, répondant à la formule $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ avec $2 \leq x \leq 6$, en trioxyde d'uranium UO_3 , cette installation comportant :

- un brûleur,
- une chambre de réaction disposée en sortie du brûleur et comportant une entrée en nitrate d'uranyle hydraté, ladite chambre de réaction et le brûleur étant configurés pour réaliser une dénitrification thermique du nitrate d'uranyle hydraté et former du trioxyde d'uranium UO_3 se présentant sous la forme de particules,
- une chambre de séparation adaptée pour séparer une partie des particules d' UO_3 des gaz issus de la dénitrification thermique réalisée dans la chambre de réaction, et
- au moins un filtre configuré pour séparer l'autre partie des particules d' UO_3 d'avec lesdits gaz et ainsi épurer lesdits gaz.

Selon l'invention, la chambre de séparation de l'installation est une chambre de décantation dans laquelle débouche directement la chambre de réaction et le filtre est apte à réaliser la séparation à une température supérieure à 350 °C.

La présence d'une chambre de décantation en tant que chambre de séparation permet une séparation particulièrement efficace des particules d' UO_3 formées dans la chambre de réaction par dénitrification thermique du nitrate d'uranyle hydraté des gaz de réaction. En effet, la majeure partie des particules d' UO_3 sont collectées en sortie de chambre de décantation, typiquement avec un rendement d'au moins 65 %, soit un

rendement bien supérieur à celui de 30 % obtenu par le cyclone 8 de l'installation décrite dans le document [2]. De ce fait, on évite une surcharge du ou des filtres, ce qui permet de pallier l'ensemble des inconvénients liés à la perte de charge engendrés par la surcharge du filtre à manches décrit dans le document [2].

5 De plus, avec un ou plusieurs filtres aptes à réaliser la séparation à une température supérieure à 350 °C, il n'est pas nécessaire de prévoir un dispositif complémentaire de circulation d'air frais. Contrairement à l'installation décrite dans le document [2], il n'est donc pas indispensable d'augmenter la taille des équipements et donc la consommation énergétique que cela engendrerait. L'installation selon l'invention
10 est ainsi de configuration simplifiée par rapport à celle décrite dans le document [2].

Par la terminologie "débouche directement" ci-dessus et dans le reste de ce document, il doit être entendu que la sortie de la chambre de réaction est en communication fluidique directe avec la chambre de séparation, en l'absence de toute conduite ou canalisation les connectant l'une à l'autre. De cette manière, la sortie de la
15 chambre de réaction peut être considérée comme étant comprise dans la chambre de séparation.

Les Inventeurs ont par ailleurs observé que, de manière inattendue et surprenante, les particules d'UO₃ collectées à la sortie de la chambre de décantation présentent des caractéristiques morphologiques supérieures à celles du mélange de
20 particules d'UO₃ collectées au moyen de l'installation décrite dans le document [2].

En particulier, et comme illustré dans la partie expérimentale ci-après, ces particules peuvent présenter les caractéristiques suivantes :

- une surface spécifique BET supérieure ou égale à 17 m²/g,
- un pourcentage massique d'eau inférieur ou égal à 0,4 %m, et
25 - un pourcentage massique d'ions nitrate NO₃⁻ inférieur ou égal à 0,8 %m.

Ainsi, les particules d'UO₃ collectées à la sortie de la chambre de décantation présentent une réactivité parfaitement adaptée pour leur transformation ultérieure en dioxyde d'uranium UO₂ puis en tétrafluorure d'uranium UF₄.

Il semblerait, en effet, que la filtration réalisée à des températures supérieures ou égales à 350 °C, et typiquement comprises entre 350 °C et 500 °C, permette de limiter la réhydratation des particules d'UO₃ formées et donc d'améliorer significativement leur surface spécifique.

5 La partie supérieure de la chambre de séparation peut comporter, au moins une sortie de gaz équipée du filtre pour évacuer les gaz après leur séparation d'avec les particules.

La chambre de séparation peut comporter au moins une sortie des gaz en direction du filtre.

10 L'installation peut, en outre, comporter un moyen de déviation des gaz pour dévier les gaz sortant de l'embouchure de la chambre de réaction dans la chambre de séparation en un emplacement de décantation de la chambre de séparation dont la cote verticale est inférieure à celle de la sortie des gaz.

15 Un tel moyen de déviation permet d'optimiser le rendement de séparation de la chambre de séparation. En effet, les gaz et les particules étant déviés par le moyen de déviation sur l'emplacement de déviation présentant une cote verticale inférieure à celle du filtre, seules les particules les plus fines entraînées par les gaz chauds sont susceptibles d'atteindre le filtre et de ne pas être séparées des gaz.

20 Une telle différence de cote verticale permet de fournir un seuil de taille de particules à partir duquel les particules sont séparées d'avec les gaz par décantation, le reste des particules étant récupéré par décolmatage au niveau du ou des filtres se trouvant à la sortie des gaz. De cette manière, il est donc possible d'optimiser la récupération des particules d'UO₃ au niveau de la sortie de la chambre de décantation et de limiter les risques de colmatage du ou des filtres.

25 Les termes d'orientation, tels que "cote verticale", "hauteur", "extrémité inférieure", utilisés ci-dessus ainsi que dans le reste de ce document s'entendent bien entendu pour une installation en fonctionnement ou prête à fonctionner et relativement à la pesanteur. Ainsi, la cote verticale correspond à la distance relativement au sol selon la direction de pesanteur, la hauteur est la dimension

selon cette même direction de pesanteur et l'extrémité inférieure est l'extrémité la plus proche du sol.

Dans ce document, en ce qui concerne l'invention, les termes de "chambre de séparation" et "chambre de décantation" sont utilisés tour à tour pour désigner la chambre de séparation de l'installation selon l'invention et sont donc interchangeables, sans que cela n'en modifie la signification.

La cote verticale de l'emplacement de décantation peut être inférieure à celle de la sortie des gaz d'une hauteur h , la chambre de séparation présentant une hauteur H .

Le rapport h sur H , noté h/H , peut être compris entre 0,1 et 0,5.

Avantageusement, h/H est compris entre 0,2 et 0,3, et, préférentiellement, entre 0,23 et 0,27.

Avec un tel rapport h/H , le rendement de séparation des particules d' UO_3 des gaz est optimal. En effet, pour un rapport h/H inférieur à 0,1, voire à 0,2, une partie des particules d' UO_3 peut être directement entraînée dans le filtre. Il en résulte une baisse du rendement de séparation et une augmentation forte des risques de colmatage du filtre. Pour un rapport h/H supérieur à 0,5, voire à 0,3, ce sont les contraintes thermiques sur les parois de la chambre de séparation qui deviennent significatives, pouvant alors entraîner un endommagement de ces dernières.

Le moyen de moyen de déviation des gaz peut être fourni par un logement partiel de la chambre de réaction dans la chambre de séparation, l'embouchure de la chambre de réaction dans la chambre de séparation définissant l'emplacement de décantation.

Une installation selon l'invention, avec un tel moyen de déviation, est particulièrement compacte, tout en gardant un haut rendement de séparation de sa chambre de séparation.

Le moyen de déviation des gaz peut comporter une paroi de déviation séparant l'embouchure de la chambre de réaction de la sortie de gaz, l'extrémité inférieure de ladite paroi de déviation définissant l'emplacement de décantation.

Une installation selon l'invention comportant un tel moyen de déviation est particulièrement avantageuse pour autoriser l'entretien de la chambre de séparation sans que son rendement de séparation ne soit affecté. En effet, la chambre de séparation ne présente pas de zone dont l'accès serait limité par la présence de la chambre de séparation.

Les parois latérales de la chambre de séparation peuvent présenter uniquement des sections de parois formant un angle avec la verticale qui est inférieur à 60°, préférentiellement à 45°.

Ainsi, on limite les risques de dépôt des particules d' UO_3 sur les parois latérales de la chambre de séparation. Le temps de séjour dans la chambre de séparation de ces particules d' UO_3 s'en trouve réduit, diminuant d'autant les risques de réhydratation desdites particules.

Le filtre est avantageusement réalisé en un matériau permettant une filtration dans un environnement dont la température est supérieure ou égale à 300 °C. Le filtre peut ainsi être un filtre comprenant un matériau tel qu'une toile métallique ou encore être un filtre du type bougie en céramique ou à métal fritté.

Le filtre peut avantageusement être un filtre du type à métal fritté.

Ainsi, grâce à la mise en œuvre de filtres tels que mentionnés ci-dessus, on pallie de manière encore plus performante le problème de résistance thermique du filtre à manches 12 de l'installation décrite dans le document [2].

Le brûleur et la chambre de réaction peuvent être configurés pour fournir, en sortie de la chambre de réaction, une vitesse des gaz comprise entre 1 m/s et 2 m/s et, avantageusement, entre 1,4 m/s et 1,7 m/s.

On optimise ainsi la récupération des particules d' UO_3 au niveau de la sortie de la chambre de décantation, tout en limitant les risques de colmatage du ou des filtres.

L'installation peut comporter au moins deux filtres du type à métal fritté mis en parallèle, l'installation comportant préférentiellement quatre filtres du type à métal fritté mis en parallèle.

L'utilisation de plusieurs filtres de type métal fritté permet de diminuer le dimensionnement et le poids de chacun des filtres. Les opérations de maintenance de l'installation s'en trouvent facilitées.

5 L'invention se rapporte, en deuxième lieu, à une utilisation d'une installation pour réaliser une dénitrification thermique d'un nitrate d'uranyle hydraté répondant à la formule $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ avec $2 \leq x \leq 6$.

L'installation dont l'utilisation fait l'objet de l'invention est l'installation telle que définie ci-dessus, les caractéristiques avantageuses de cette installation pouvant être prises seules ou en combinaison.

10 L'utilisation d'une telle installation bénéficie des avantages précités.

Dans une variante avantageuse, le nitrate d'uranyle hydraté peut être le nitrate d'uranyle hexahydraté de formule $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

15 L'invention se rapporte, en troisième lieu, à un procédé de dénitrification thermique d'un nitrate d'uranyle hydraté répondant à la formule $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ avec $2 \leq x \leq 6$.

Selon l'invention, ce procédé comprend :

- une étape de dénitrification thermique d'un nitrate d'uranyle dans une chambre de réaction, moyennant quoi on obtient des particules d' UO_3 en mélange avec des gaz,
- 20 - une étape de séparation d'une partie de ces particules d' UO_3 d'avec les gaz réalisée dans une chambre de décantation dans laquelle débouche directement la chambre de réaction,
- une étape de filtration pour séparer l'autre partie des particules d' UO_3 d'avec lesdits gaz et ainsi épurer lesdits gaz, ladite étape étant
- 25 - réalisée à une température supérieure ou égale à 350 °C, et
- une étape de récupération des particules d' UO_3 .

Grâce au procédé selon l'invention, et comme indiqué précédemment, la séparation des particules d' UO_3 formées dans la chambre de réaction par dénitrification thermique est particulièrement efficace.

Ce procédé permet également de pallier l'ensemble des inconvénients liés à la perte de charge engendrée par la surcharge du filtre à manches 12 décrit dans le document [2].

Les Inventeurs ont par ailleurs observé que, de manière inattendue et
surprenante, les particules d' UO_3 collectées à la sortie de la chambre de décantation
présentent des caractéristiques morphologiques bien supérieures à celles des particules
d' UO_3 collectées au moyen du procédé décrit dans le document [2].

Un tel procédé est particulièrement adapté pour être mis en œuvre au
moyen d'une installation selon l'invention.

L'étape de séparation d'une partie des particules d' UO_3 d'avec les gaz
peut comprendre les sous-étapes suivantes :

- déviation des particules et des gaz issus de l'étape de traitement
thermique en un emplacement de décantation présentant une cote
verticale inférieure à celle de la sortie des gaz du filtre utilisé lors de
l'étape de filtration,
- décantation d'une partie des particules d' UO_3 collectée dans la
chambre de décantation.

Une telle déviation des particules en un emplacement de décantation
permet d'optimiser le rendement de séparation de l'étape de décantation.

Lors de l'étape de séparation, les gaz issus de la dénitrification thermique
peuvent être introduits dans la chambre de séparation avec une vitesse des gaz comprise
entre 1 m/s et 2 m/s et, avantageusement, entre 1,4 m/s et 1,7 m/s.

L'invention se rapporte, en quatrième lieu, à des particules d' UO_3 .

Selon l'invention, ces particules sont obtenues directement par le
procédé tel que décrit ci-dessus, ses caractéristiques avantageuses pouvant être prises
seules ou en combinaison, les particules d' UO_3 présentant les caractéristiques suivantes :

- une surface spécifique BET supérieure ou égale à $17 \text{ m}^2/\text{g}$,
- un pourcentage massique d'eau inférieur ou égal à 0,4 %m, et
- un pourcentage massique d'ions nitrate NO_3^- inférieur ou égal à
0,8 %m.

De telles particules d' UO_3 présentent une réactivité parfaitement adaptée pour leur transformation ultérieure en dioxyde d'uranium UO_2 puis en tétrafluorure d'uranium UF_4 .

5 BRÈVE DESCRIPTION DES FIGURES

La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description d'exemples de réalisation, donnés à titre purement indicatif et nullement limitatif, en faisant référence aux figures annexées suivants.

La figure 1 illustre schématiquement l'installation décrite pour la mise en œuvre du procédé d'obtention de trioxyde d'uranium UO_3 par dénitrification thermique du nitrate d'uranyle enseigné par le document [2].

La figure 2 illustre une installation de dénitrification thermique d'un nitrate d'uranyle hydraté selon l'invention suivant une vue en section selon l'axe A-A de la figure 3.

La figure 3 illustre une vue de dessus d'une installation selon l'invention dans laquelle un seul filtre est monté sur les quatre filtres de l'installation et dans laquelle le trou d'homme n'est pas refermé.

Les figures 4a et 4b illustrent schématiquement deux variantes d'agencement de la chambre de réaction et de la chambre de séparation pour une installation selon l'invention.

Des parties identiques, similaires ou équivalentes des différentes figures portent les mêmes références numériques de façon à faciliter le passage d'une figure à l'autre.

Les différentes parties représentées sur les figures ne le sont pas nécessairement selon une échelle uniforme, pour rendre les figures plus lisibles.

Les différentes possibilités (variantes et modes de réalisation) doivent être comprises comme n'étant pas exclusives les unes des autres et peuvent se combiner entre elles.

EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

La figure 2 illustre une installation 1 selon l'invention pour réaliser une dénitrification thermique d'un nitrate d'uranyle hydraté répondant à la formule $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ avec $2 \leq x \leq 6$, en trioxyde d'uranium UO_3 .

5 Une telle installation 1 comporte :

- un brûleur 114,
- une chambre de réaction 110 disposée en sortie du brûleur 114 et comportant une entrée en nitrate d'uranyle hydraté, ladite chambre de réaction 110 et le brûleur étant configurés pour réaliser
10 une dénitrification thermique du nitrate d'uranyle hydraté et former du trioxyde d'uranium UO_3 se présentant sous la forme de particules,
- une chambre de séparation 120 adaptée pour séparer une partie des particules d' UO_3 des gaz issus de la dénitrification thermique
15 réalisée dans la chambre de réaction 110, la chambre de séparation 120 étant une chambre de décantation, et
- quatre filtres 130, comme illustré sur la figure 3, configurés pour séparer l'autre partie des particules d' UO_3 d'avec lesdits gaz et ainsi épurer lesdits gaz, chacun de ces filtres 130 étant connecté à une
20 sortie des gaz 131 de la chambre de séparation 120.

Le brûleur 114 et la chambre de réaction 110 sont conformes au brûleur 4 et la chambre de réaction 1 décrite dans le document [2], à la différence près que la chambre de réaction 110 débouche directement dans la chambre de séparation 120. Ainsi, il n'est pas prévu pour la présente installation 1 de conduite 9 reliant la chambre de
25 réaction 110 à la chambre de séparation 120. En outre, la chambre de réaction 110 ne comporte pas d'extrémité prolongée par un cône réduisant la section sortie.

Ainsi, en ce qui concerne le principe de fonctionnement et les caractéristiques structurelles de la chambre de réaction 110 et du brûleur 114 autres que celles de la section de sortie de la chambre de réaction 110, il est renvoyé à la description
30 du document [2].

Le brûleur 114 comprend :

- une conduite 117 pour l'amenée en nitrate d'uranyle hydraté, ladite conduite 117 étant connectée à l'entrée de la chambre de réaction 110,
- une alimentation en gaz combustible 116, et
- une alimentation en air 115.

La sortie du brûleur 114 est reliée à la chambre de réaction 110. Cette dernière comporte un cône d'entrée par lequel sont introduits les gaz de combustion et le nitrate d'uranyle hydraté 117, une enveloppe cylindrique et une sortie 113.

Contrairement à la chambre de réaction 1 du document [2], la sortie 113 de la chambre de réaction 110 prolonge l'enveloppe cylindrique avec une section droite, c'est-à-dire sensiblement constante. La sortie 113 de la chambre de réaction 110, ou embouchure, débouche directement dans la chambre de séparation 120.

La chambre de réaction 110 est en partie logée dans la chambre de séparation 120. De cette manière, la chambre de réaction 110 débouche dans la chambre de séparation 120 à une cote verticale inférieure à celle de la sortie des gaz 131 des filtres 130.

Le brûleur 114 et la chambre de réaction 110 sont configurés pour fournir, en sortie de la chambre de réaction 110, une vitesse des gaz comprise entre 1 m/s et 2 m/s et, avantageusement, entre 1,4 m/s et 1,7 m/s.

L'embouchure 113 de la chambre de réaction 110 définit un emplacement de décantation 121 dans la chambre de séparation 120. Ainsi, lorsque des gaz et des particules d' UO_3 sortent de la chambre de réaction 110 après la réaction de dénitrification thermique, ils sont déviés par l'embouchure sur l'emplacement de décantation 121. La cote verticale de l'emplacement de décantation 121 correspond donc, comme illustré sur la figure 2, à la cote verticale de l'embouchure 113 de la chambre de réaction 110.

Un tel logement partiel de la chambre de réaction 110 dans la chambre de séparation 120 forme un moyen de déviation pour dévier les gaz et les particules d' UO_3 en l'emplacement de décantation 121.

La chambre de séparation 120 présente, comme montré sur les figures 2 et 3, une section horizontale circulaire et une section verticale triangulaire. De cette manière, la chambre de séparation 120 possède une forme générale conique dont le sommet est tourné vers le bas. Les parois latérales 122 de la chambre de séparation 120
5 présentent un angle vis-à-vis de la verticale qui est compris entre 0° et 45° . Les parois latérales 122 de la chambre de séparation 120 présentent donc uniquement des sections de paroi formant un angle avec la verticale qui est inférieur à 60° , et plus particulièrement à 45° .

On notera que la paroi latérale 122 au niveau de l'embouchure 113
10 présente un angle par rapport à la verticale qui est proche de 0° . On supprime, ainsi, les dépôts de particules qui pourraient avoir lieu sur les parois latérales 122 de la chambre de séparation 120.

La partie inférieure de la chambre séparation 120 comporte, comme montré sur la figure 2, une sortie de particules 123 pour récupérer les particules d' UO_3
15 après leur séparation d'avec les gaz. La partie supérieure de la chambre de séparation 120 comporte, comme illustré sur la figure 3, quatre sorties de gaz 131 équipées chacune d'un filtre 130 pour évacuer les gaz après leur séparation d'avec les particules. Les sorties des gaz 131 définissent chacune une cote verticale de sortie des gaz. Dans le présent mode de réalisation, les sorties des gaz 131 définissent une même cote verticale de sortie des gaz
20 qui correspond donc à la cote verticale de la sortie des gaz. Dans le cas où il serait prévu plusieurs filtres 130 avec des sorties de gaz 131 présentant des cotes verticales de sortie des gaz différentes, la cote verticale de la sortie des gaz correspond bien entendu à la cote verticale de sortie des gaz la plus faible.

La cote verticale de la sortie des gaz 131 est supérieure à celle de
25 l'embouchure 113 de la chambre de réaction 110 d'une hauteur h.

La partie supérieure de la chambre de séparation 120 peut également être munie, comme illustré sur la figure 2, d'un trou d'homme 140 pour permettre l'inspection et l'entretien de la chambre de séparation 120.

La chambre de séparation 120 présente une hauteur H. Cette hauteur H
30 de la chambre de séparation 120 est définie en relation avec la hauteur h qui correspond

à la différence de cote verticale entre l'emplacement de décantation 121 et celle de la sortie des gaz 131 d'une hauteur h . En effet le rapport h sur H , noté h/H , est compris entre 0,1 et 0,5, avantageusement entre 0,2 et 0,3, et, préférentiellement, entre 0,23 et 0,27.

5 On notera que plus préférentiellement le rapport h/H est fixé à 0,25.

Ainsi, typiquement, la chambre de séparation 120 peut présenter une dimension latérale maximale comprise entre 3 m et 8 m, avantageusement entre 4,5 m et 6,5 m. De même, la hauteur H de la chambre de séparation 120 peut être comprise entre 5 m et 12 m, avantageusement entre 6 m et 9 m.

10 Les filtres 130 sont des filtres du type à métal fritté, comme illustré sur les figures 2 et 3, un seul filtre 130 étant représenté sur la figure 3, trois des sorties des gaz 131 étant représentées sans filtre 130. Ces filtres permettent de séparer l'autre partie des particules d' UO_3 d'avec les gaz, particules qui ne l'ont pas été lors de la séparation par décantation. Ce faisant, les gaz sont épurés.

15 Lors de cette séparation au niveau des filtres 130, les particules d' UO_3 non séparées des gaz par décantation s'accumulent sur les filtres 130. Il est donc prévu, dans l'installation 1, un moyen de décolmatage en continu (non représenté) pour collecter ces particules d' UO_3 . Lors de cette collecte, les particules d' UO_3 tombent, sous l'effet de la gravité, dans la chambre de séparation 120, pour être récupérées au niveau
20 de la sortie de particules 123 de la chambre de séparation 120.

Typiquement, chaque filtre 130 peut présenter un diamètre compris entre 0,7 m et 1,7 m, avantageusement entre 1,0 m et 1,4 m.

Il est à noter que si dans ce mode de réalisation l'installation comporte quatre filtres 130, il est également envisageable, sans que l'on sorte du cadre de
25 l'invention, que l'installation comporte un nombre de filtres différent. Ainsi l'installation peut être équipée en variante d'uniquement deux filtres 130, voire un seul filtre ou encore six filtres, tant que ceux-ci, ou celui-ci, sont dimensionnés de manière adéquate. Bien entendu, l'agencement des filtres 130 tel que décrit dans ce mode de réalisation est parfaitement compatible avec ces variantes si tant est que la répartition des filtres sur la

partie supérieure de la chambre de séparation 120 est adaptée au nombre de filtres présents.

En variante à un tel agencement de la chambre de réaction 110 en partie logée dans la chambre de séparation 120, les figures 4a et 4b illustrent schématiquement deux autres agencements possibles entre la chambre de réaction 110 et la chambre de séparation 120 pour une installation 1 selon l'invention.

Une installation 1 selon la première variante schématisée sur la figure 4a se différencie de l'installation illustrée sur la figure 2 en ce que la chambre de réaction 110 n'est pas logée dans la chambre de séparation 120 avec néanmoins une embouchure 113 de la chambre de réaction 110 dans la chambre de séparation 120 dont la cote verticale reste inférieure à celle de la sortie des gaz 131.

Selon cette première variante de l'invention, la chambre de séparation 120 présente une portion de sa partie supérieure, celle accueillant l'embouchure 113 de la chambre de réaction 110, abaissée par rapport au reste de la partie supérieure qui accueille les filtres 130. Un tel abaissement d'une portion de la partie supérieure de la chambre de séparation 120 forme un moyen de déviation pour dévier les gaz et les particules en l'emplacement de décantation 121.

En effet, dans cette première variante, c'est cet abaissement qui permet de positionner l'embouchure 113 de la chambre de réaction 110, et donc l'emplacement de décantation 121, dans la chambre de séparation 120 par rapport à la sortie des gaz 131.

Une installation 1 selon la deuxième variante est schématisée sur la figure 4b. Une telle installation 1 se différencie de l'installation 1 illustrée sur la figure 3 en ce que la chambre de réaction 110 débouche dans la chambre de séparation 120 sensiblement à la même cote verticale que la sortie des gaz 131 et en ce qu'il est prévu une paroi de déviation 124 séparant l'embouchure 113 de la chambre de réaction 110 dans la chambre de séparation 120 de la sortie de gaz 131. L'extrémité inférieure de la paroi de déviation 124 définit l'emplacement de décantation 121 et permet de dévier les gaz et les particules en sortie de l'embouchure 113 de la chambre de réaction 110 jusqu'à l'emplacement de décantation 121.

Ainsi, selon cette deuxième variante de l'invention, la paroi de déviation 124 forme un moyen de déviation pour dévier les gaz et les particules en l'emplacement de décantation 121.

Une installation 1 selon l'invention peut être mise en œuvre pour réaliser un procédé de dénitrification thermique d'un nitrate d'uranyle hydraté répondant à la formule $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ avec $2 \leq x \leq 6$ afin d'obtenir des particules d' UO_3 .

Un tel procédé comprend :

- une étape de dénitrification thermique d'un nitrate d'uranyle dans la chambre de réaction 110, moyennant quoi on obtient des particules d' UO_3 en mélange avec des gaz,
- une étape de séparation de ces particules d' UO_3 des gaz réalisée dans la chambre de décantation 120 dans laquelle débouche directement la chambre de réaction 110,
- une étape de filtration pour séparer l'autre partie des particules d' UO_3 d'avec lesdits gaz et ainsi épurer lesdits gaz, ladite étape étant réalisée à une température supérieure ou égale à 350 °C,
- une étape de récupération des particules d' UO_3 .

L'étape de l'étape de séparation des particules d' UO_3 comprend les sous-étapes suivantes :

- déviation des particules et des gaz issus de l'étape de traitement thermique en un emplacement de décantation présentant une cote verticale inférieure à celle du filtre 130 utilisé lors de l'étape de filtration,
- décantation d'une partie des particules collectée dans la chambre de décantation 120.

Deux synthèses de particules de trioxyde d'uranium UO_3 ont été réalisées par dénitrification thermique de nitrate d'uranyle hexahydraté $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

La première synthèse, notée S1, a été réalisée dans une installation comparative, conforme à l'enseignement du document [2] et illustrée à la figure 1.

La seconde synthèse, notée S2, a été réalisée dans une installation conforme à l'invention et illustrée aux figures 2 et 3.

Il est rappelé que les brûleurs 4 et 114 ainsi que la partie supérieure de chacune des chambres de réaction 1 et 110, ou zone de réaction dans laquelle a lieu la réaction de dénitrification thermique et la formation des particules d' UO_3 , sont identiques.

Les conditions opératoires d'introduction des gaz de réaction et du nitrate d'uranyle hexahydraté dans la chambre de réaction 1, ou 110, via le brûleur 4, ou 114, ont également été identiques pour les deux synthèses S1 et S2 :

- débit d'introduction d' $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dans la canalisation 7 et la conduite 117 : 70 kg/h,
- débit d'introduction du gaz naturel dans la canalisation 6 et l'alimentation 116 : 5 kg/h, et
- débit d'introduction de l'air dans la canalisation 5 et l'alimentation 115 : 150 kg/h.

Le brûleur 4, 114 assure la combustion du gaz naturel dans l'air surpressé par excitation d'une bougie d'allumage non représentée sur les figures 1 à 3. La combustion étant entièrement réalisée dans le brûleur 4, 114, le nitrate d'uranyle hexahydraté injecté n'est jamais en contact avec la flamme.

Les gaz résultant de la combustion, d'une température d'environ 1400 °C, sont accélérés dans le brûleur 4, 114 pour atteindre une vitesse d'environ 300 m/s dans la partie conique supérieure de la chambre de réaction 1, 110, ou zone de réaction dans laquelle s'effectue la mise en contact des gaz de combustion chauds et du nitrate d'uranyle hexahydraté pulvérisé en fines gouttelettes.

Les particules d' UO_3 obtenues à l'issue de la première synthèse S1 ont été collectées, d'une part par la conduite 10 et, d'autre part, par la conduite 13.

Les particules d' UO_3 obtenues à l'issue de la seconde synthèse S2 ont été collectées par l'unique sortie 123 de la chambre de décantation 120.

Ces différentes particules d' UO_3 ont été analysées de manière à définir leur surface spécifique BET ainsi que leurs pourcentages massiques d'eau, d'une part, et d'ions nitrate NO_3^- , d'autre part.

Dans le cadre de la première synthèse S1, ces mêmes analyses ont été conduites sur le mélange formé par les particules d' UO_3 collectées par les conduites 10 et 13 (noté 10 + 13).

Les intervalles des valeurs de surfaces spécifiques et de pourcentages massiques en eau et en NO_3^- tels qu'obtenus sur plusieurs essais sont reportés dans le tableau 1 ci-dessous. Dans ce tableau 1, figurent également les rendements de collecte des particules d' UO_3 .

Synthèse	Zone de collecte	Rendement (%)	Surface spécifique BET (m^2/g)	Pourcentage massique d'eau (%m)	Pourcentage massique de NO_3^- (%m)
S1	10	30	de 20 à 25	de 0,4 à 0,6	de 1 à 4
	13	70	de 2 à 10	de 1,5 à 7	de 2,7 à 17
	10 + 13	100	de 12 à 15	de 1 à 1,2	de 1,2 à 5,3
S2	123	100	de 18 à 20	de 0,3 à 0,4	de 0,3 à 0,7

Tableau 1

Les particules d' UO_3 telles qu'obtenues par la mise en œuvre du procédé de dénitrification thermique dans une installation conforme à l'invention (synthèse S2) présentent donc une surface spécifique BET qui est supérieure à celle du mélange des particules d' UO_3 collectées par les conduites 10 et 13.

De surcroît, les particules d' UO_3 obtenues par la seconde synthèse S2 présentent de très faibles taux de contamination en eau et en ions nitrates, respectivement inférieurs à 0,4 %m et à 0,7 %m. De tels pourcentages favorisent encore la réactivité des particules d' UO_3 pour leur transformation ultérieure en UO_2 puis en UF_4 .

En outre, il y a lieu de noter que l'installation de l'art antérieur mise en œuvre lors de la première synthèse S1 a nécessité le refroidissement du flux circulant par la conduite 11 au moyen d'un dispositif complémentaire de refroidissement assurant un débit de 300 kg/h d'air. Les gaz épurés ont, quant-à-eux, été aspirés en sortie du filtre à manches 12 au moyen d'un ventilateur assurant un débit d'aspiration de 485 kg/h, d'où la nécessité d'utiliser des équipements de plus grosse taille et à la consommation énergétique plus élevée que dans la configuration de la synthèse S2.

Dans l'installation conforme à l'invention mise en œuvre lors de la seconde synthèse S2, les gaz épurés ont été aspirés en sortie des filtres 130 au moyen de ventilateurs assurant un débit d'aspiration de 185 kg/h, soit bien plus faible que le précédent et ce, en l'absence de dispositif complémentaire de refroidissement.

5

BIBLIOGRAPHIE

[1] WO 84/02124 A1

10 [2] US 5,628,048

REVENDICATIONS

1. Installation (1) de dénitrification thermique d'un nitrate d'uranyle hydraté, répondant à la formule $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ avec $2 \leq x \leq 6$, en trioxyde d'uranium UO_3 comportant :

- un brûleur (114),
- une chambre de réaction (110) disposée en sortie du brûleur (114) et comportant une entrée en nitrate d'uranyle hydraté, ladite chambre de réaction (110) et le brûleur étant configurés pour réaliser une dénitrification thermique du nitrate d'uranyle hydraté et former du trioxyde d'uranium UO_3 se présentant sous la forme de particules,
- une chambre de séparation (120) adaptée pour séparer une partie des particules d' UO_3 des gaz issus de la dénitrification thermique réalisée dans la chambre de réaction, et
- au moins un filtre (130) configuré pour séparer l'autre partie des particules d' UO_3 d'avec lesdits gaz et ainsi épurer lesdits gaz,

l'installation (1) étant caractérisée en ce que la chambre de séparation (120) est une chambre de décantation dans laquelle débouche directement la chambre de réaction (110),

et en ce que le filtre (130) est apte à réaliser la séparation à une température supérieure ou égale à 350 °C.

2. Installation (1) selon la revendication 1, dans laquelle la chambre de séparation (120) comporte au moins une sortie des gaz (131) en direction du filtre (130), et dans laquelle l'installation (1) comprend en outre au moins un moyen de déviation des gaz pour dévier les gaz et les particules d' UO_3 sortant de l'embouchure (113) de la chambre de réaction (110) dans la chambre de séparation (120) en un

emplacement de décantation (121) de la chambre de séparation (120) dont la cote verticale est inférieure à celle de la sortie des gaz (131).

3. Installation (1) selon la revendication 2, dans laquelle la cote verticale de l'emplacement de décantation (121) est inférieure à celle de la sortie des gaz (131) d'une hauteur h , la chambre de séparation (120) présentant une hauteur H ,

et dans laquelle, le rapport h sur H est compris entre 0,1 et 0,5, avantageusement entre 0,2 et 0,3, et, préférentiellement, entre 0,23 et 0,27.

4. Installation (1) selon la revendication 2 ou 3, dans laquelle le moyen de moyen de déviation des gaz est fourni par un logement partiel de la chambre de réaction (110) dans la chambre de séparation (120), l'embouchure (113) de la chambre de réaction (110) dans la chambre de séparation (120) définissant l'emplacement de décantation (121).

5. Installation (1) selon la revendication 2 ou 3, dans laquelle le moyen de déviation des gaz comporte une paroi de déviation (124) séparant l'embouchure (113) de la chambre de réaction (110) de la sortie de gaz (131), l'extrémité inférieure de ladite paroi de déviation (124) définissant l'emplacement de décantation (121).

6. Installation (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans laquelle les parois latérales (122) de la chambre de séparation (120) présentent uniquement des sections de paroi formant un angle avec la verticale qui est inférieur à 60° , préférentiellement à 45° .

7. Installation (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans laquelle le filtre (130) est un filtre du type à métal fritté.

8. Installation (1) selon la revendication 7, comportant au moins deux filtres (130) du type à métal fritté mis en parallèle, l'installation comportant préférentiellement quatre filtres (130) du type à métal fritté mis en parallèle.

9. Installation (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans laquelle le brûleur (114) et la chambre de réaction (110) sont configurés pour fournir, en sortie de la chambre de réaction (110), une vitesse des gaz comprise entre 1 m/s et 2 m/s et, avantageusement, entre 1,4 m/s et 1,7 m/s.

10. Utilisation d'une installation (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 9 pour réaliser une dénitrification thermique d'un nitrate d'uranyle hydraté répondant à la formule $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ avec $2 \leq x \leq 6$.

11. Utilisation selon la revendication 10, dans laquelle le nitrate d'uranyle hydraté est le nitrate d'uranyle hexahydraté de formule $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

12. Procédé de dénitrification thermique d'un nitrate d'uranyle hydraté répondant à la formule $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ avec $2 \leq x \leq 6$, **caractérisé en ce qu'il** comprend:

- une étape de dénitrification thermique d'un nitrate d'uranyle dans une chambre de réaction (110), moyennant quoi on obtient des particules d' UO_3 en mélange avec des gaz,
- une étape de séparation d'une partie de ces particules d' UO_3 d'avec les gaz réalisée dans une chambre de décantation (120) dans laquelle débouche directement la chambre de réaction (110),
- une étape de filtration pour séparer l'autre partie des particules d' UO_3 d'avec lesdits gaz et ainsi épurer lesdits gaz, ladite étape étant réalisée à une température supérieure ou égale à 350 °C, et
- une étape de récupération des particules d' UO_3 .

13. Procédé selon la revendication 12, dans lequel l'étape de séparation d'une partie des particules d' UO_3 d'avec les gaz comprend les sous-étapes suivantes :

- déviation des particules et des gaz issus de l'étape de traitement thermique en un emplacement de décantation (121) présentant une

cote verticale inférieure à une sortie des gaz (131) du filtre (130) utilisé lors de l'étape de filtration,

- décantation d'une partie des particules d' UO_3 collectée dans la chambre de décantation (120).

5

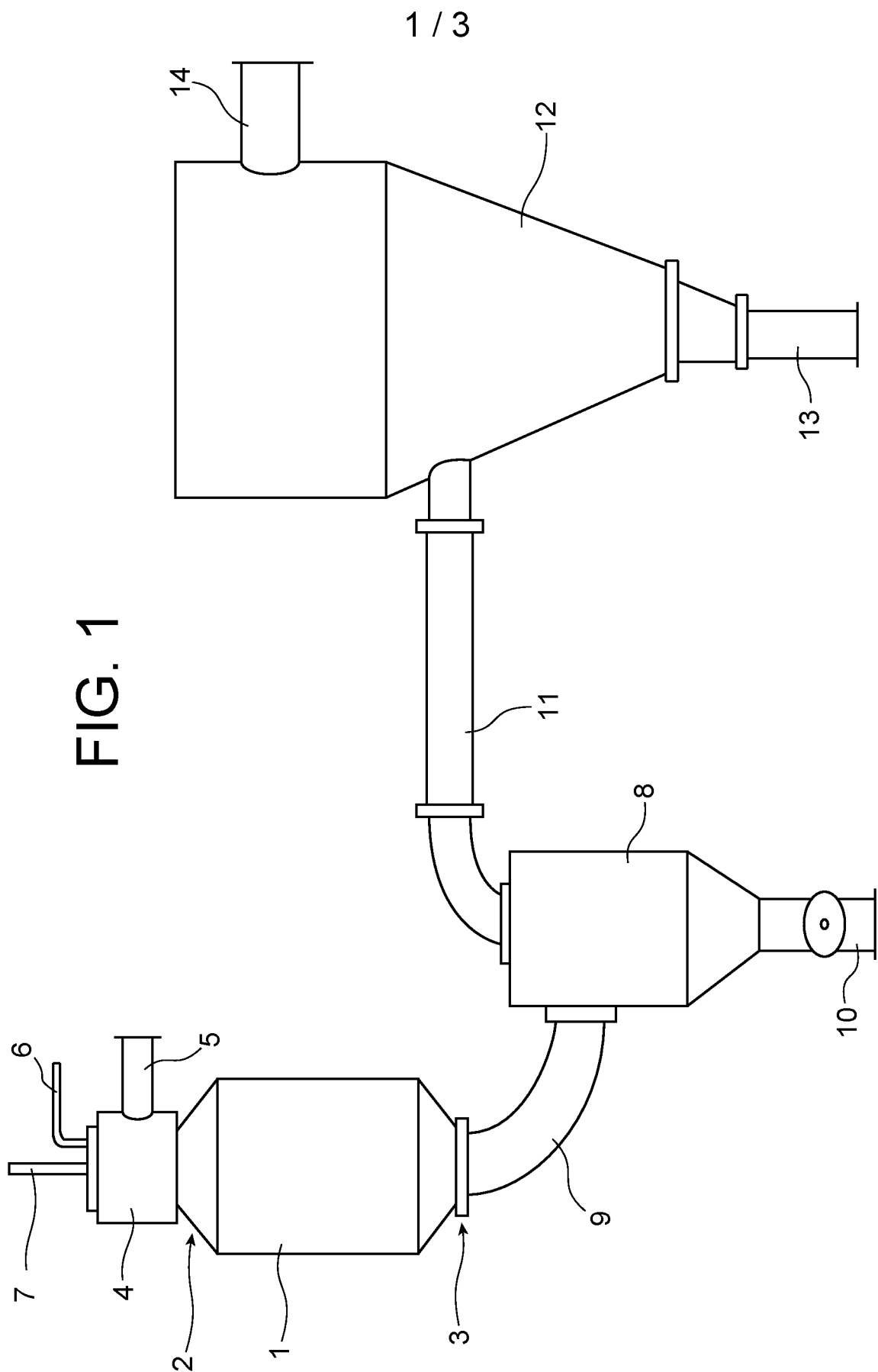
14. Procédé selon la revendication 12 ou 13, dans lequel, lors de l'étape de séparation, les gaz issus de la dénitrification thermique sont introduits dans la chambre de séparation avec une vitesse des gaz comprise entre 1 m/s et 2 m/s et, avantageusement, entre 1,4 m/s et 1,7 m/s.

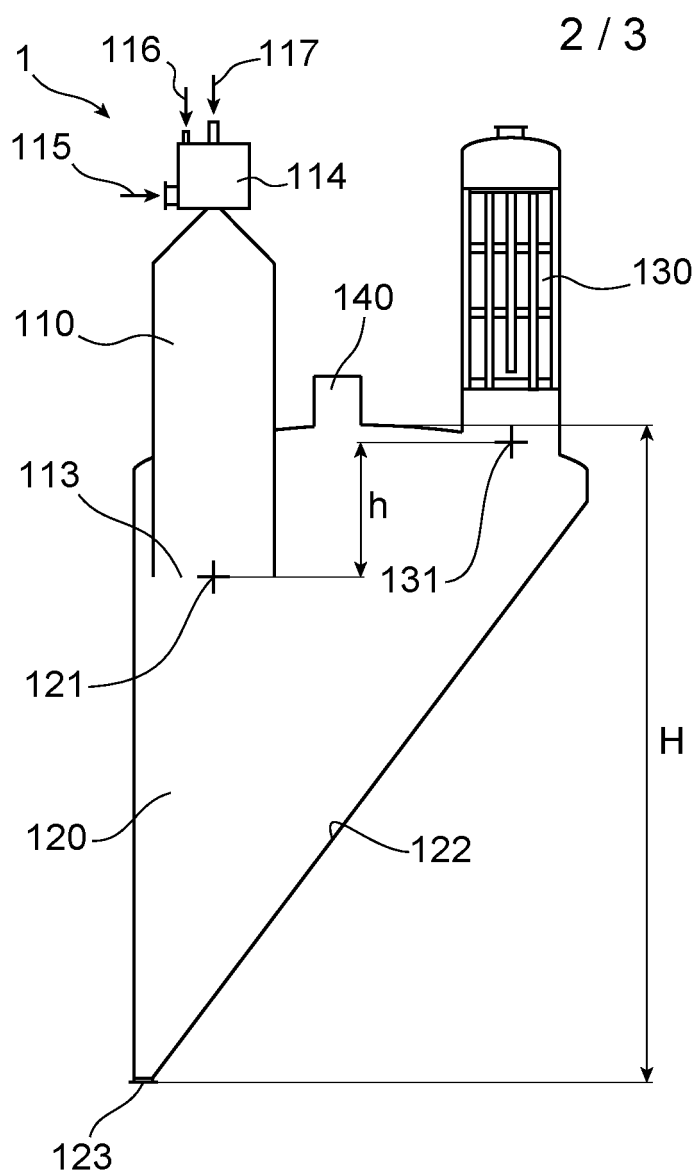
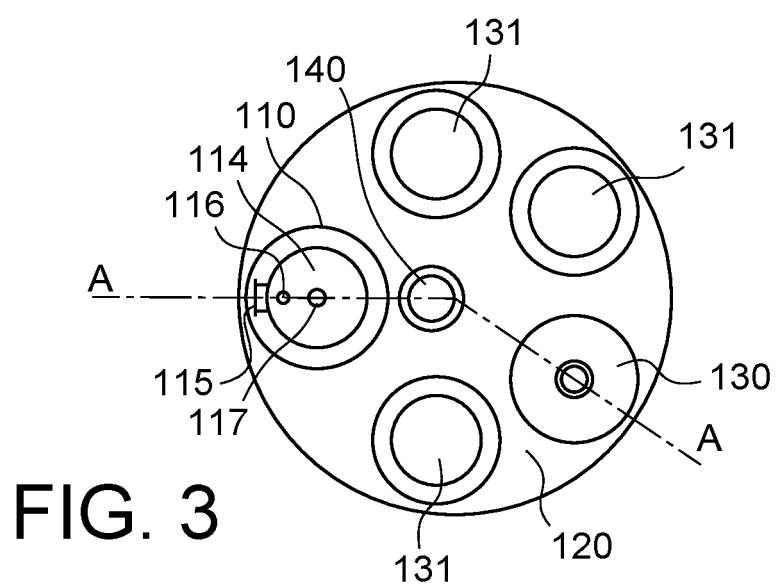
10

15. Particules d' UO_3 obtenues directement par un procédé selon l'une quelconque des revendications 12 à 14, les particules d' UO_3 présentant les caractéristiques suivantes :

15

- une surface spécifique BET supérieure ou égale à 17 m²/g,
- un pourcentage massique d'eau inférieur ou égal à 0,4 %m, et
- un pourcentage massique d'ions nitrate NO_3^- inférieur ou égal à 0,8 %m.





3 / 3

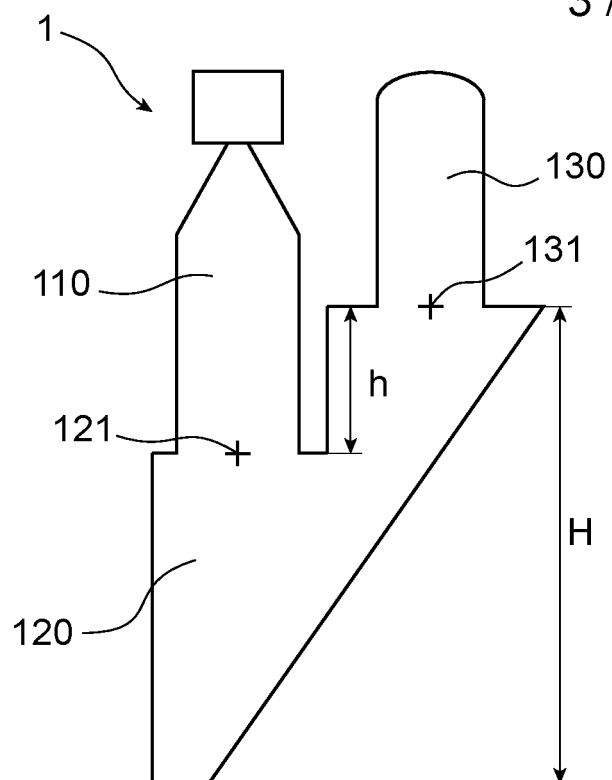
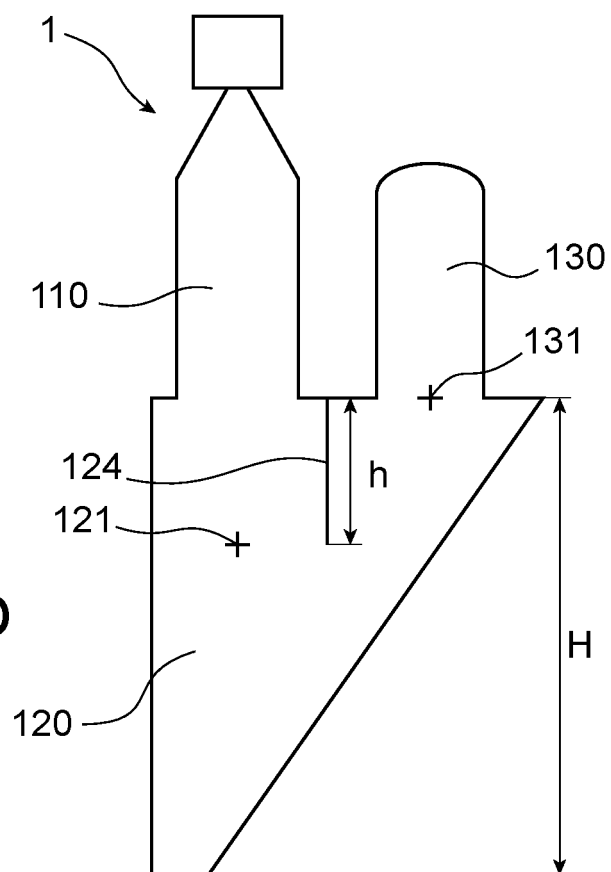


FIG. 4a

FIG. 4b





RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 815378
FR 1555380

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 2 981 592 A (STEPHEN LAWROSKI ET AL) 25 avril 1961 (1961-04-25) * colonne 2, ligne 36 - colonne 3, ligne 50; tableau 2 *	1-15	C01G43/01
X,D	WO 84/02124 A1 (COMURHEX [FR]) 7 juin 1984 (1984-06-07)	15	
A	* exemples 1-3 *	1-14	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			C01G B01J
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
12 avril 2016		King, Ruth	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1555380 FA 815378

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 **12-04-2016**

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 2981592	A	25-04-1961	AUCUN	

WO 8402124	A1	07-06-1984	CA 1219114 A	17-03-1987
			CS 247170 B2	18-12-1986
			DD 216704 A5	19-12-1984
			DE 3375131 D1	11-02-1988
			EP 0126746 A1	05-12-1984
			ES 8702307 A1	16-03-1987
			FI 843002 A	27-07-1984
			FR 2536737 A1	01-06-1984
			GR 72862 B	14-12-1983
			HU 190465 B	29-09-1986
			IL 70338 A	27-02-1987
			IT 1167395 B	13-05-1987
			JP H049735 B2	21-02-1992
			JP S59502102 A	20-12-1984
			NO 843015 A	25-07-1984
			PH 19273 A	21-02-1986
			PL 244833 A1	04-06-1985
			RO 89868 A	30-09-1986
			WO 8402124 A1	07-06-1984
			YU 234183 A	28-02-1986
			ZA 8308891 A	25-07-1984
